الأسس العامة لتربية النبات



سلسلة تربية النبات

الأسس العامة لتربية النبات

تأليف

أ. د. أحمد عبدالمنعم حسـن

الأستاذ بكلية الزراعة – جامعة القاهرة
دكتوراه الفلسفة (تربية نبات)
جامعة كورنل – الولايات المتحدة الأمريكية

الطبعة الأولى

٢٠٠٥

حقوق النشر

سلسلة تربية النبات

الأسس العامة لتربية النبات

رقم الإيداع : ٢٠٠٤/١٤٥٢٦
I. S. B. N. : 977 - 258 - 202- 3

للدار العربية للنشر والتوزيع
٣٢ شارع عبــاس العقاد - مدينة نصر
ت : ٢٧٥٣٣٣٥ فاكس : ٢٧٥٣٣٨٨

مقدمة الناشر

يتزيد الاهتمام باللغة العربية فى بلادنا يومًا بعد يوم ولاشك أنه فى الغد القريب ستستعيد اللغة العربية هيبتها التى طالما امتهنت وأذلت من أبنائها وغير أبنائها ولا ريب فى أن امتهان لغة أية أمة من الأمم هو إذلال ثقافى فكرى للأمة نفسها، الأمر الذى يتطلب تضافر جهود أبناء الأمة رجالاً ونساءً، طلابًا وطالبات، علماء ومثقفين، مفكرين وسياسيين فى سبيل جعل لغة العروبة تحتل مكانتها اللائقة التى اعترف المجتمع الدولى بها لغة عمل فى منظمة الأمم المتحدة ومؤسساتها فى أنحاء العالم، لأنها لغة أمة ذات حضارة عريقة استوعبت -- فيما مضى -- علوم الأمم الأخرى، وصهرتها فى بوتقتها اللغوية والفكرية، فكانت لغة العلوم والأدب، ولغة الفكر والكتابة والمخاطبة

إن الفضل فى التقدم العلمى الذى تنعم به أوروبا اليوم يرجع فى واقعه إلى الصحوة العلمية فى الترجمة التى عاشتها فى القرون الوسطى. فقد كان المرجع الوحيد للعلوم الطبية والعلمية والاجتماعية هو الكتب المترجمة عن اللغة العربية لابن سينا وابن الهيثم والفارابى وابن خلدون وغيرهم من عمالقة العرب، ولم ينكر الأوروبيون ذلك، بل يسجل تاريخهم ما ترجموه عن حضارة الفراعنة والعرب والإغريق. وهذا يشهد بأن اللغة العربية كانت مطواعة للعلم والتدريس والتأليف، وأنها قادرة على التعبير عن متطلبات الحياة وما يستجد من علوم، وأن غيرها ليس بأدق منها، ولا أقدر على التعبير

ولكن ما أصاب الأمة من مصائب وجمود بدأ مع عصر الاستعمار التركى، ثم البريطانى والفرنسى، عاق اللغة عن النمو والتطور، وأبعدها عن العلم والحضارة، ولكن عندما أحس العرب بأن حياتهم لابد من أن تتغير، وأن جمودهم لابد أن تدب فيه الحياة، اندفع الرواد من اللغويين والأدباء، والعلماء فى إنماء اللغة وتطويرها. حتى أن مدرسة قصر العينى فى القاهرة، والجامعة الأمريكية فى بيروت درستا الطب بالعربية أول إنشائها ولو تصفحنا الكتب التى ألفت أو تُرجمت يوم كان الطب يدرس فيهما باللغة العربية لوجدناها كتبا ممتازة لا تقل جودة عن أمثلتها من كتب الغرب فى ذلك الحين، سواء فى الطبع، أو حسن التعبير، أو براعة الإيضاح، ولكن هذين المعهدين تنكرا اللغة العربية فيما بعد، وسادت لغة المستعمر وفرضت على أبناء الأمة فرضًا، إذ رأى المستعمر فى خنق اللغة العربية مجالاً لعرقلة الأمة العربية

وبالرغم من المقاومة العنيفة التى قابلها، إلا أنه كان بين المواطنين صنائع سبقوا الأجنبى فيما يطلع إليه، فتفننوا فى أساليب التملق له اكتسابًا لمرضاته، ورجال تأثروا بحملات المستعمر الظالمة، يشككون فى قدرة اللغة على استيعاب الحضارة الجديدة، وغاب عنهم ما قاله الحاكم الفرنسى لجيشه الزاحف إلى الجزائر: "علموا لغتنا وانشروها حتى نحكم الجزائر، فإذا حكمت لغتنا الجزائر، فقد حكمناها حقيقة".

فهل لى ان أوجه نداءً إلى جميع حكومات الدول العربية بأن تبادر -- فى أسرع وقت ممكن – إلى اتخاذ التدابير، والوسائل الكفيلة باستعمال اللغة العربية لغة تدريس فى جميع مراحل التعليم العام، والمهنى. والجامعى، مع العناية الكافية باللغات الأجنبية فى مختلف مراحل التعليم لتكون وسيلة لإطلاع على تطور العلم والثقافة والانفتاح على العالم وكلنا ثقة من إيمان العلماء والأساتذه بالتعريب، نظرا لأن استعمال اللغة القومية فى التدريس ييسر على الطالب سرعه الفهم دون عائق لغوى، وبذلك نزداد حصيلته الدراسية، ويرتفع بمستواه العلمى، وذلك يعتبر تاصيلا للفكر العلمى فى البلاد، وتمكينا للغة القومية من الازدهار والقيام بدورها فى التعبير عن حاجت المجتمع، وألفاظ ومصطلحات الحضارة والعلوم

ولا يغيب عن حكومتنا العربية أن حركة التعريب تسير متابطنة، أو تكاد تتوقف، بل تحارب أحيانا ممن يشغلون بعض الوظائف القيادية فى سلك التعليم والجامعات، ممن ترك الإستعمار فى نفوسهم عقداً وأمراضا، رغم أنهم يعلمون أن جامعات إسرائيل قد ترجمت العلوم إلى اللغه العبرية، وعدد من يخاطب بها فى العالم لا يزيد عن خمسة عشر مليون يهوديًا، كما أنه من خلال زياراتى لبعض الدول واطلاعى وجدت كل أمة من الأمم تدرس بلغتها القومية مختلف فروع العلوم والآدب والتقنية، كاليابان، وإسبانيا، وألمانيا، ودول أمريكا اللاتينية، ولم تشك أمة من هذه الأمم فى قدرة لغتها على تغطية العلوم الحديثة، فهل أمة العرب أقل شأنا من غيرها ؟!

وأخيرًا وتمشيًا مع أهداف الدار العربية للنشر والتوزيع، وتحقيقاً لأغراضها فى تدعيم الإنتاج العلمى، وتشجيع العلماء والباحثين فى إعادة منهج التفكير العلمى وطرائقه إلى رحاب لغتنا الشريفة، تقوم الدار بنشر هذا الكتاب المتميز الذى يعتبر واحدا من ضمن ما نشرته - وستقوم بنشره الدار من الكتب العربية التى قام بتاليفها أو ترجمتها نخبة ممتازة من أساتذة الجامعات المصرية والعربية المختلفة

وبهذا ننفذ عهدًا قطعناه على المضى قدما فيما أردناه من خدمة لغة الوحى، وفيما أرداه الله تعالى لنا من جهاد فيها

وقد صدق الله العظيم حينما قال فى كتابه الكريم ﴿ وَقُلِ اعْمَلُوا فَسَيَرَى اللَّهُ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُهُ وَالْمُؤْمِنُونَ وَسَتُرَدُّونَ إِلَى عَالِمِ الْغَيْبِ وَالشَّهَادَةِ فَيُنَبِّئُكُم بِمَا كُنتُمْ تَعْمَلُونَ﴾.

محمد أحمد دربالة

الدار العربية للنشر والتوزيع

المقدمة

"الحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي هَدَانَا لِهَذَا وَمَا كُنَّا لِنَهْتَدِيَ لَوْلا أَنْ هَدَانَا اللَّهُ" صدق الله العظيم.

باسم الله نبدأ هذه السلسلة من الكتب فى مجال تربية النبات، والتى أرجو أن يستفيد منها جميع المهتمين بهذا الموضوع البالغ الأهمية بالنسبة لمستقبل الأمن الغذائى فى أمتنا العربية

إن الأسس العامة لتربية النبات هى – بطبيعة الحال – أول ما يتطرق إليه الدارسون فى هذا المجال. وقد تناولنا بالشرح مختلف المواضيع الخاصة بهذا الكتاب فى خمسة عشر فصلاً، يمكن تقسيمها إلى أربعة أقسام رئيسية، هى: مواضيع تمهيدية (الفصلان الأول والثانى)، والأسس المعرفية لإجراء برامج التربية (الفصول ٣–١٠)، والجيرمبلازم والثروة النباتية (الفصول ١١–١٣)، وبعض الجوانب العملية فى مجال تربية النبات (الفصلان الرابع عشر والخامس عشر).

اشتملت المواضيع التمهيدية على مقدمات تتعلق بتعريف علم تربية النبات، وأهميته، وعلاقته بالعلوم الأخرى، وتاريخ العلم، وتعريف بماهية برامج التربية، ومصادر الجيرمبلازم والمعلومات التى تلزم المربى، وتنويه لما يعرف باسم "برامج التربية بالمشاركة"، وهى اتجاه مستحدث فى كيفية إجراء برامج التربية (الفصل الأول)، ثم تناولنا بالشرح أمورًا نباتية ذات أهمية خاصة للمربى، مع توضيح لجوانب الأهمية فى تلك الأمور، وهى التى تضمنت: مكونات الخلية النباتية، والتكاثر اللاجنسى، والتكاثر الجنسى، والتلقيح والإخصاب، وحالات الجنس فى النباتات (الفصل الثانى).

أما الجزء الخاص بالأسس المعرفية التى تلزم لإجراء برامج التربية فقد اشتمل على الجانب الأكبر من هذا الكتاب، حيث تضمن أنواع التباينات بين النباتات، ومصادرها، وطرق التفريق بينها، مع شرح لظاهرة التأقلم (الفصل الثالث)، وبيان للأساس الوراثى لكل من الصفات البسيطة (الفصل الرابع)، والكمية (الفصل الخامس) وكيفية التعامل معهما فى برامج التربية، وكذلك الأساس الوراثى للعشائر النباتية بمختلف أنواعها (الفصل السادس)، وشرح للظاهرتين النباتيتين الرئيسيتين المستعملتين فى إنتاج بذور الهجن، وهما العقم الذكرى (الفصل السابع)، وعدم التوافق (الفصل

الثامن)، ثم للظاهرتين المرتبطتين بالهجن وإنتاجها، وهما التدهور المصاحب للتربية الداخلية (الفصل التاسع)، وقوة الهجن (الفصل العاشر)

وفيما يتعلق بالثروة النباتية والجيرمبلازم فقد تم التقديم لهما، مع بيان موضوع مناطق النشوء والارتقاء لمختلف المحاصيل الزراعية، وأهمية الثروة الوراثية النباتية وأوجه الاستفادة منها (الفصل الحادي عشر)، وكيفية جمع الجيرمبلازم وتقييمه (الفصل الثاني عشر)، وإكثاره وحفظه (الفصل الثالث عشر)

وبالنسبة للجوانب العملية فقد اشتملت على شرح لأساسيات وطرق إجراء التهجين في عدد من الأنواع المحصولية الهامة، مع بيان لطرق تخزين حبوب اللقاح واختبار حيويتها (الفصل الرابع عشر)، وكذلك شرح لبعض الجوانب العمليه الأخرى التي كثيرا ما يلجأ إليها المربي في برامج التربية (الفصل الخامس عشر)

والله أسأل أن يكون هذا الكتاب عونا لكل العاملين، والدارسين، والباحثين في مجال تربية النبات، ولكل المتعاملين والمتعاونين معهم من مختلف التخصصات الأخرى الوثيقة الصلة بتربية النبات

وما توفيقي إلاّ بالله

أ. د. أحمد عبد المنعم حسن

محتويات الكتاب

الصفحة

الفصل الأول

تعريف بعلم تربية النبات

تعريف تربية النبات

يُعرّف علم تربيــة النبـات Plant Breeding بأنـه: العلـم الـذى يمكّـن الإنسـان مـن تحسين نباتاته المزروعة، واستنباط أصناف وسلالات جديدة، تتلاءم مع احتياجات منتجى المحصول، ومستهلكيه، والقائمين على تصنيعه.

فيهمّ المنتج أن تكون الأصناف الجديدة عالية المحصول، ومقاومة للآفات الهامة، ومتلائمة مع الاتجاهات الجديدة فى العمليات الإنتاجية التى تطبق لدواع اقتصادية، وأن تكون أكثر تأقلما على الظروف البيئية السائدة فى منطقة الإنتاج

ومن البديهى أن يكون للصنف الجديد صفات جودة مقبولة لدى القاعدة العريضة من المستهلكين، من حيث الشكل، والحجم، واللون، والطعم، والقيمة الغذائية - إلخ. وتتنوع رغبات المستهلك بالنسبة لهذه الصفات من دولة إلى أخرى، وداخل الدولة الواحدة فى بعض الأحيان.

كما يجب أن تتوفر فى الصنف الجديد الصفات التى تجعله صالحا لأغراض التصنيع، ليمكن امتصاص فائض الإنتاج.

ولكن . نظرًا للفارق الكبير بين متطلبات الاستهلاك الطازج، ومتطلبات التصنيع فإن الأغلب هو الاتجاه نحو إنتاج أصناف خاصة بالتصنيع، تختلف مواصفاتها من محصول إلى آخر، فأصناف طماطم التصنيع مثلاً يجب أن تكون ذات نضج مُركز، ليمكن قطف المحصول مرة واحدة، أو حصاده آليًا، بغرض خفض نفقات الحصاد، ويجب أن تكون ثمارها عالية الصلابة، ليمكنها البقاء عل النبات بحالة جيدة - وهى حمراء ناضجة - لمدة أسبوعين أو ثلاثة، لحين نضج بقية المحصول، وليمكن نقلها إلى مصانع الحفظ فى شاحنات كبيرة، دونما حاجة إلى استعمال العبوات الصغيرة. كما يجب أن تكون ثمارها مكعبة (square round)، أو بيضاوية الشكل، أو كمثرية الشكل،

لكى تتحمل الضغط الواقع عليها، وأن تكون قليلة الحجرات، حمراء قانية اللون، مرتفع فيها نسبه المواد الصلبة الذائبة الكلية، وأن يكون عصيرها عالى اللزوجة، وألاّ يزيد رقمه الأيدروجينى (pH) على ٤٠.

أهمية علم تربية النبات

يعد علم تربية النبات الأساس الذى يعتمد عليه التوسع الرأسى فى الإنتاج الزراعى، كما يومل عليه كثيرا فى التوسع الأفقى مستقبلاً، وهما أمران ضروريان لتوفير الطلب المتزايد على الغذاء اللازم للجنس البشرى، والحيوانات الزراعية.

ولقد كان لتربية النبات فضل كبير فى التوسع الرأسى فى مجال الإنتاج النباتى، كما أسهم العلم بشكل جوهرى فى الحد من استعمال مبيدات الآفات وخفض الحاجة إلى الأيدى العاملة اللازمه للعملية الإنتاجية، وتقليل الفاقد بعد الحصاد وقد تحقق ذلك من خلال الأصناف الجديدة المحسنة التى تتفوق فى صفاتها الاقتصادية الهامه، خاصة فيما يتعلق بارتفاع محصولها كمًا وكيفًا، ومقاومتها للآفات، وصلاحيتها للحصاد الآلى، وتحملها لعمليات التداول بعد الحصاد وكان من نتيجة ذلك أن تحققت فى الدول المتقدمة زياده كبيرة فى الإنتاج الزراعى، مع نقص فى عدد المشتغلين بالزراعة

ولقد كان للتعاون الدولى فى مجال تربية النباتات وتحسينها فضل كبير فى إنقاذ البشرية من المجاعات التى كانت تهددها، خاصة فى أمريكا اللاتينية، ودول جنوب شرق آسيا، من خلال ما أنتجته المعاهد والمؤسسات الدولية المتخصصة من أصناف جديدة محسنة ذات إنتاجية عالية ويمكن الرجوع إلى Stakman وآخرين (١٩٦٧)، للاطلاع على تفاصيل قصة تطوير الإنتاج الزراعى بالمكسيك بواسطة مؤسسه روكفلر، وكيف عممت التجربة فى آسيا وأمريكا الجنوبية، مع نبذة عن معهد بحوث الأرز الدولى. الذى يقوم على أساس من التعاون بين مؤسستى فورد، وروكفلر، وهى قصة شائقة للغاية، تعد مثلاً لما يمكن أن ينجزه الإنسان إذا ما توفرت لديه الرغبة الصادقة فى العمل، مع تذليل العوائق الإدارية والمادية من طريق الباحثين كما استعرضت مؤسسة روكفلر The Rockefeller Foundation (١٩٦٦) إنجازاتها بالتعاون مع غيرها من المؤسسات فى مجال تربيه وتحسين القمح، والذرة، والأرز، والبطاطس، والذره

الرفيعة ويعد Moseman (١٩٦٦) مرجعًا للتقدم الذى أحرزه التعاون الدولى فى مجال تربية النبات ويسرد Thompson (١٩٧٢) موجزًا لإنجازات التعاون الدولى فى مجال تحسين إنتاجية القمح، والأرز، وفول الصويا، مع نبذة عن المعاهد الدولية المتخصصة فى هذه المحاصيل

ولقد اعترف العالم بفضل تربية النبات فى توفير الغذاء للعالم، بحصول عالم تربية النبات دكتور بورلاج N. E. Borlaug على جائزة نوبل للسلام فى عام ١٩٧٠، بفضل جهوده فى المركز الدولى لتحسين إنتاج الذرة والقمح (CIMMYT) فى المكسيك، التى تُوِّجت بإنتاج أصناف عالية الإنتاجية، ومقاومة للأمراض من هذين المحصولين، انتشرت زراعتها فى عدد كبير من دول العالم الثالث وأسهمت فى تجنب ويلات المجاعات فيها.

أما عن دور تربية النبات فى مجال التوسع الأفقى فى الزراعة .. فهو دور تعقد عليه آمال كبيرة فى المستقبل القريب، وذلك من خلال التوسع فى الرقعة الزراعية، لتشمل الزراعة فى الأراضى العالية الملوحة، والرى بالمياه المالحة، واستغلال الصحارى الشاسعة المجاورة لسواحل البحار والمحيطات فى الزراعة، مع الرى بمياه البحر مباشرة ويعمل مربو النبات على تحقيق ذلك، باستنباط أصناف جديد من المحاصيل الزراعية أكثر تحملاً للملوحة، واستئناس نباتات محبة للملوحة Halophytes، واستغلالها لصالح الإنسان، إما بصورة مباشرة كغذاء له، وإما بصورة غير مباشرة كغذاء لحيواناته، وإما باستخلاص مركبات معينة منها (Toenniessen ١٩٨٤)

وقد لخص Burton (١٩٨١) إسهامات تربية النبات فى توفير حاجة الإنسان للغذاء فى الماضى، وبين الآفاق المستقبلية فى هذا الشأن

وعلى الرغم من الطفرة الكبيرة التى أحدثتها تربية النبات فى مجال الإنتاج النباتى .. فإن ذلك لم يكن بغير تبعات غير مرغوب فيها، والتى تضمنت ما يلى:

١ – التعرية الوراثية genetic erosion.

أدى نجاح زراعة الأصناف الجديدة محسنة العالية المحصول والعالية الجودة من

مختلف المحاصيل الزراعية إلى انتشار زراعتها على نطاق واسع ، الأمر الذى أدى – تدريجيـًا – إلى اختفاء الطرز المحلية ، والتباينات الوراثية ، والأنواع البرية من مساحات شاسعة من الأراضى . وهو ما يعرف بالتعرية الوراثية

٢ – تضييق القاعدة الوراثية narrowing genetic base:

يشترك كثير من الأصناف المحصولية الهامة – كما فى الأرز والقمح والذرة . فى واحد أو أكثر من آبائها ، الأمر الذى أدى – تدريجيًا – إلى ضيق القاعدة الوراثية للأصناف المنتشرة فى الزراعة على مستوى العالم ، مما جعلها عرضة للإصابات المرضية والحشرية وللتقلبات الحادة فى الظروف البيئية

٣ – زيادة القابلية للإصابة بالأمراض القليلة الأهمية

أدت زيادة الاهتمام بالتربية لمقاومة الأمراض الهامه إلى بقاء النباتات بحالة جيدة لفترة طويلة ، ومن ثم أصبحت أكثر عرضة للإصابة بأمراض لم تكن ذات شأن من قبل (Singh ١٩٩٣).

٤ - انتقال مسببات مرضية من مناطق جغرافية إلى مناطق أخرى لم تكن تعرف فيها تلك المسببات من قبل ، وذلك مع الجيرمبلازم المنقول ، الأمر الذى سبب أحيانا انتشارا لبعض الأمراض النباتيه بصوره وبائية ، ومن أبرز الأمثلة على ذلك ، ما يلى

أ . مرض شجرة الدردار الهولندى Dutch Elm Disease

فتك مرض شجره الدردار الهولندى بالدردار الأمريكى *Ulmus americana* منذ بداية ثلاثينيات القرن العشرين ، ولم يعثر على أى مصدر لمقاومة هذا المرض فى أمريكا الشمالية ، إلا أن المقاومة وجدت فى بعض الأنواع الأوروبية ، وهى التى استعملت فى هولندا فى إنتاج أصناف مقاومة . وفى ولاية أوهايو الأمريكية إجرى تلقيح بين سلالة هولندية منتخبة من الدردار وبين شجرة دردار من سيبيريا نتج عنه . فى عام ١٩٧٢ – صنف الدردار المقاوم Urban

ب – لفحة الكستناء Chestnut Blight .

أدخل الفطر *Cryptophonectria parasitica* المسبب لمرض لفحة الكستناء إلى الولايات المتحدة فى بدايات القرن العشرين ، حيث أتى على الكستناء الأمريكى *Castanea dentata* بحلول عام ١٩٥٠ . وقد استعمل أكثر الأنواع القريبة مقاومة – وهو

C. mollissima – فى تلقيحات نتج عنها طراز أمريكى مقاوم من الكستناء (عن Ryder ٢٠٠٣).

علاقة تربية النبات بالعلوم الأخرى

تربية النبات كعلم ومهارة

يميل أغلب المشتغلين بتربية النبات إلى اعتبار أنها تجمع ما بين العلوم Sciences، والمهارات Arts (وهى ضرب من الفنون). وهم يؤيدون هذا الرأى بأن الإنسان الأول قام منذ أقدم العصور بتحسين نباتاته المزروعة، وأن كثيرا من الهواة أنتجوا أصنافا محسنة من بعض المحاصيل، دون أدنى دراية بالقواعد الأساسية للوراثة، التى لم يعرفها العالم إلا فى عام ١٩٠٠، حينما اكتشفت دراسات مندل ولعل أبلغ الأمثله على ذلك أصناف القمح التى أنتجها قدماء المصريين، وأصناف الأرز التى أنتجها قدماء الصينيين، وأصناف الذرة التى أنتجها الهنود الحمر، وعديد من أصناف الفاصوليا الخضراء، والبطاطس، ونباتات الزينة التى أنتجها الهواة خلال القرن التاسع عشر، دون دراية بعلم الوراثة.

ويعد لوثر بربانك Luther Burbank (١٨٤٩–١٩٢٦) أحد أبرز مربى النباتات الذين حققوا تقدمًا كبيرا فى مجال تحسين النباتات حتى من قبل اكتشاف قوانين مندل (Dale ١٩٩١)

وبهذا .. فإن تربية النبات بدأت كمهارة ولكنها أصبحت علما قائمًا بذاته، بعد اكتشاف القواعد الأساسية للوراثة

ويتعين على المربى – لكى يتمكن من تحقيق أهدافه – أن يتبع الطريقة العلمية فى دراسته، وأن يعتمد على علوم أخرى كثيرة، سوف يرد ذكرها، ولا يزل مربو النبات يستفيدون من كل تقدم فى العلوم الأخرى، بتطويعها لخدمة أغراض التربية، وكان آخرها التقدم الهائل الذى حدث منذ ثمانينيات القرن العشرين فى علوم زراعة الأنسجة، وتقنيات الدنا، والهندسة الوراثية.

وعلى الرغم من كل هذا التقدم العلمى . فإن جانب المهارة فى تربية النبات يظل

عملا مهمًا، يؤثر في قدرة المربي في انتخاب النبتات، وتقييم القيمة المحتمله للصفات غير الظاهرة، وللتعرف على الانعزالات الهامة، وتخبر الصفات العامة للنبات المرغوب فيه، وللتنبؤ بالتغيرات في رغبات منتجي المحصول ومستهلكيه ومصنعيه، وتوجيه برنامج التربية بما يسمح بتحقيق أهدافه على أكمل وجه، في أقصر فترة ممكنة

العلوم ذات الصلة بتربية النبات

يتعين على مربي النبات أن يكون ملمًا بعدد من العلوم الاخرى التي تساعده على تحقيق أهدافه، وهي كما يلي

١ الوراثة والعلوم المتفرعة منها والمتصلة بها، مثل علم الخليه، والوراثة، والوراثة السيتولوجية والوراثة الفسيولوجية، والوراثة الكمية، وهي العلوم التي تقوم عليها الدعائم الاساسية لتربية النبات

٢ علوم إنتاج المحاصيل الاقتصادية المختلفة، مثل الخضر، والفاكهة، ومحاصيل الحقل، والزهور ونباتات الزينة، والنباتات الطبية والعطرية، والغابات، حتى يكون المربي على دراية بالمحصول الذي يعمل على تحسينه، وبصفاته الهامة، وطرق زراعته، ومشاكل إنتاجه

٣ – علم فسيولوجيا النبات، لكي يكون المربي على دراية بفسيولوجيا نمو وتطور النبات، وبالأساس الفسيولوجي للصفات التي يرغب في تحسينها

٤ علوم الحشرات، وأمراض النبات بفروعه المختلفة، وهي لا غنى عنها في حالات التربية لمقاومة الآفات والأمراض التي تصيب المحصول

٥ علوم النبات بفروعه المختلفة من تقسيم، وتشريح، ومورفولوجي وميكروبيولوجي، لأن الفهم الصحيح للتركيب التشريحي والمورفولوجي للنبات، ووضعه التقسيمي الصحيح يساعد المربي على تحقيق أهداف التربية بيسر وسهولة

٦ – علم زراعة الأنسجة والخلايا، لما له من استخدامات كثيرة مهمة في مجال تربية النبات، وطرق إكثاره وزراعته في البيئات الصناعية

٧ – علم الهندسة الوراثية الذي يؤمل عليه كأداة ووسيلة مهمة في مجال تربية النبات

تجدر الإشارة فى هذا المقام إلى أن التقدم الهائل الذى حدث فى مجال الهندسة الوراثية، والذى مكن العلماء من نقل أى جين من أى كائن حى إلى أى كائن آخر لن يلغى دور الطرق العادية لتربية النبات التى تعتمد على التهجينات الجنسية بين الأصناف، وتحت الأنواع، والأنواع، والأجناس من أجل نقل الجينات المختلفة وإعادة توزيعها فى صورة انعزالات متنوعة، بينما نجد أن طرق الهندسة الوراثية لا تسمح إلاّ بنقل جين واحد أو عدد قليل فقط من الجينات فى المرة الواحدة. وعلى الرغم من السرعة التى يتم بها نقل الجينات بطريق الهندسة الوراثية، إلا أن تحقيق ذلك يتطلب توفر أصناف أثبتت جودتها ولإنتاج أصناف جديدة متميزة من حيث المحصول، وصفات الجودة، والتأقلم على الظروف البيئية السائدة ووسائل الإنتاج المتبعه، والمقاومة للأمراض والآفات الهامة .. فإنه لا غنى عن إجراء التهجينات الجنسية من أجل الحصول على الانعزالات الوراثية بكثرة وإعادة توزيع الجينات بأعداد كبيرة، مع حتمية تقييم تلك الانعزالات تحت ظروف الحقل كذلك فإن التحولات الوراثية تعتمد على طول شريط الدنا الذى يمكن نقله، وعلى الموضع الذى يتم انتقاله إليه . الأمر الذى يتم بطريقة عشوائية تمامًا، وما يترتب على ذلك من عدم ضمان ظهور الصفات التى نقلت جيناتها المرغوب فيه، وعدم ضمان ثباتها الوراثى (عن Ahloowalia & Khush ٢٠٠١).

٨ – علم الإحصاء وتصميم التجارب؛ لكى يتمكن المربى من اختبار الأصناف الجديدة وتقييمها تحت ظروف الحقل قبل التوصية بإدخالها فى الزراعة.

٩ – علم الحاسوب.

يتضح مما تقدم أن مربى النبات يجب أن يكون على دراية بعلوم أخرى كثيرة، ونظرًا لأنه لا يمكنه الإلمام بكل دقائق هذه العلوم وتفاصيلها؛ فقد ظهرت الحاجة إلى التعاون والتخصص فى مجالات تربية النبات؛ فنجد – مثلا – أن كثيرًا من مربى النباتات يتعاونون مع المتخصصين فى علوم أخرى (مثل أمراض النبات، والحشرات، وفسيولوجيا النبات، والميكنة الزراعية .. الخ)؛ لتحقيق أهداف تربية معينة. ويجب ألا يقتصر دور المربى فى هذه الحالة على إجراء التلقيحات، بل يجب عليه أن يكون ملمًّا بالأمر كله؛ حتى يمكنه توجيه برنامج التربية، ومن هنا .. كانت الحاجة إلى

التخصص فى جوانب معينة من التربية، مثل تربية الخضر لصلاحيتها للحصد الالى، أو تربية المحاصيل الحقلية لتحمل الظروف البيئية القاسية، أو تربية الفاكهة لمقاومتها للأمراض إلخ

العلاقة بين تربية النبات والتطور

توجد علاقة وثيقة بين تربية النبات والتطور، إلا أنهما علمان مختلفان يجب عدم الخلط بينهما

فالتطور يحدث تلقائيًا فى الطبيعة من خلال الطفرات التى تحدث بصورة طبيعية، والانعزالات الوراثية التى تحدث نتيجة للتلقيح الخلطى الطبيعى بين النباتات المختلفة وراثيًا بعضها ببعض، سواء أكانت من نفس النوع أم من أنواع مختلفة. وما يتبعهما من انتخاب طبيعى للطرز الوراثية الأكثر قدرة على التكاثر والبقاء تحت الظروف الطبيعية وغالبا ما تكون هذه الطرز بعيدة كل البعد عن أن تصلح للزراعة، كما أن كثيرا من الصفات التى تعمل الطبيعة على الإبقاء عليها لا تناسب الزراعة التجارية

ومن أمثلة الصفات التى تحافظ عليها الطبيعة، ولا تناسب الإنسان - ما يلى (عن Hawkes ١٩٨٣):

١ - البذور الصغيرة، لأن النبات الذى تكون بذوره صغيرة الحجم ينتج - عادة عددا أكبر من البذور، ويكون - من ثمّ أكبر قدرة على التكاثر والبقاء

٢ إنبات البذور البطئ وغير المتجانس، لأن هذه الصفة تعطى النبات الفرصة لأن تنبت بذوره على مدى فترة زمنية طويلة، فتزيد فرصه للبقاء مما لو أنبتت كل بذوره مرة واحدة ثم تعرضت البادرات الصغيرة لظروف بيئية قاسية، يمكن أن تؤدى إلى موتها

٣ الثمار المتشققة وهى صفة تساعد على انتشار البذور على مساحة كبيرة من الأرض، مما يعطى فرصة أكبر لحفظ النوع

٤ - التراكيب الدفاعية، كالشعيرات الغزيرة والأشواك التى تحمى النبات من الآفات المختلفة

أما علم تربيه النبات فهو كما ذكر N Vavilov "تطور توجهه رغبة الإنسان وقدرته". فهو - أى الإنسان يعمل على تحسين النباتات الاقتصادية وتطويرها (وليس كل الأنواع كما فى التطور)، لتصبح أكثر ملاءمة للزراعة والاستهلاك، ويتحكم فى ذلك نوعية الصفات التى يرغب فيها الإنسان، وقدرته على جمعها فى تركيب وراثى واحد

ويستفيد الإنسان عند قيامه ببرنامج التربية لتطوير نباتاته الاقتصادية من صفات كثيرة مهمة، تعمل الطبيعة على المحافظة عليها دائمًا، لارتباطها بالقدرة على البقاء فى البيئة التى تتوطن فيها هذه النباتات، مثل القدرة على تحمل ظروف الحرارة المنخفضة، أو الحرارة العالية، والرطوبه الزائدة، والجفاف، والملوحة، والمقاومة للآفات الهامة المنتشرة فى المنطقة إلخ ويتم ذلك من خلال جمع مربى النبات للطرز النباتية المنتشرة فى أماكن نشأة الأنواع النباتيه المختلفة، وتطورها

وبالإضافة إلى ما تقدم فإن مربى النبات يهتم بصفات أخرى، لا علاقه لها بالقدرة على البقاء تحت الظروف الطبيعيه، مثل النمو الخضرى الغزير، والألوان غير العادية من الثمار والبذور، والصفات التى تجعل المحصول مستساغًا عند الأكل إلخ، كما يهتم بصفات لا تتوافق مع متطلبات الانتخاب الطبيعى، مثل الثمار البكرية، والنمو الحولى إلخ (عن Briggs & Knowles ١٩٦٧).

ولمزيد من التفاصيل عن موضوع التطور والتأقلم ومنشأ الأنواع .. يمكن الرجوع إلى Darwin (١٨٧٢)، و Srb & Wallace (١٩٦٤)، و Ehrlich وآخرين (١٩٧٤)، و Dobzhansky وآخرين (١٩٧٧)، وغيرها من الكتب المتخصصة.

تاريخ تربية النبات

يعد مقال Smith (١٩٦٦) من أفضل ما كتب فى موضوع تاريخ تربية النبات. ونلخص عنه - فيما يلى - أهم الإنجازات فى هذا المجال. مسلسلة حسب تاريخ حدوثها (علما بأن المرجع الأصلى يذكر كثيرًا من الإنجازات والأحداث الأخرى الهامة)

١ - لاحظ Millington - فى عام ١٦٧٦ - أن المتوك تقوم بعمل أعضاء التذكير فى النبات، واقترح Grew فى العام ذاته - دور البويضات وحبوب اللقاح فى التكاثر.

٢ – أوضح Camerarius – فى عام ١٦٩٤ – دور الجنس فى النباتات، واقترح فكرة التلقيحات

٣ – لاحظ Mather – فى عام ١٧١٦ – تأثير التلقيح الخلطى على نبات الذرة

٤ – يرجع الفضل فى إنتاج أول نبات هجين إلى Fairchild، فى عام ١٧١٩

٥ – أنشئت شركة فيلموران Vilmorin للبذور فى فرنسا فى عام ١٧٢٧، ويرجع إليها الفضل فى إحداث تقدم كبير فى تربية النبات

٦ – نشرت أهم دراسات Linneaus فى أعوام ١٧٣٥، و ١٧٣٧، و ١٧٥١، و ١٧٥٣، وهى التى أرست القواعد الأساسية لتقسيم النبتات

٧ - نشر Kolreuter أبحاثه فى عامى ١٧٦١، و ١٧٦٦، وقد أوضح فيها ظاهرة العقم فى التهجين بين النوعين *Nicotiana paniculata*، و *N. rustica*، وتوصل منها إلى أن التهجين لا يكون ناجحا إلا إذا كان بين النباتات القريبة من بعضها وقد وصف Kolreuter حبوب اللقاح، ويرجع إليه الفضل فى اكتشاف طبيعة عملية التلقيح، ودور الهواء والحشرات فيها.

٨ – نشرت أبحاث Lamarck عن وراثة الصفات المكتسبة فى عام ١٨٠١

٩ - لاحظ Knight - فى عام ١٨٢٣ – وجود اختلافات بين أصناف القمح فى شدة إصابتها بمرض الصدأ، وذكر احتمال توريث المقاومة، كما أجرى أول تلقيح بين أصناف القمح، ويرجع إليه الفضل فى تعرف أن الأبوين يشتركان معا فى تكوين الجيل الأول وتحديد صفته فى البسلة، وأن الانعزالات فى الصفات تظهر فى الجيل الثانى

١٠ - استعمل Sargaret اللفظ سائد dominant لأول مرة فى عام ١٨٢٦

١١ – تتبع Amici – فى عام ١٨٣٠ –، و Hofmeister – فى عام ١٨٤٩ – مسار أنبوبة اللقح خلال الميسم والقلم حتى وصولها إلى البويضة، وكان ذلك فى الجنس *Portulaca*

١٢ – اكتشفت نواة الخلية بواسطة Schleiden فى عام ١٨٣٧، و Schwann فى عام ١٧٣٨

١٣ - لاحظ Hofmeister الكروموسومات فـى نـواة الخلية فـى عـام ١٨٤٨، إلا أن ملاحظته لم تكتشف إلاّ فيما بعد.

١٤ قدم Strasburger فى عام ١٨٧٥ – أول شرح صحيح للكروموسومات. وكان لدراساته التتالية هو، و Flemming، و Bovari الفضل فى اكتشاف ثبات عدد الكروموسومات فى كل نوع من النباتات

١٥ – اقترح Strasburger لفظة جاميطة gamete فى عام ١٨٧٧، واقترح Waldeyer لفظ كروموسوم Chromosome فى عام ١٨٨٨.

١٦ اقترح Weismann موضوع اختزال عدد الكروموسومات خلال الفترة من ١٨٨٥ إلى ١٨٨٨. ثم تأكد ذلك من أبحاث Boveri خلال عامى ١٨٨٧، و ١٨٨٨

١٧ – شرح Strasburger عملية الانقسام الاختزالى فى النباتات فى عام ١٨٨٨

١٨ اكتشف Navashin عملية الإخصاب المزدوج فى النباتات فى عام ١٨٩٨. ثم استعان Correns، و Devris – كل على حدة – بهذه الظاهرة فى تفسير ظاهرة الزينيا Xenia فى النباتات

١٩ - نشر كتاب Darwin عن "منشأ الأنواع بوسائل الانتخاب الطبيعى" Origin of Species by Means of Natural Selection فـى عـام ١٨٥٩. وقـد انتشرت آراء دارون وسادت الأفكار الأخرى حتى عام ١٩٠٠

٢٠ – ظهر الكتاب الثانى لدارون عن "تأثير التلقيح الذاتى والخلطى فى المملكة النبتية" Effect of Self and Cross Fertilization in the Vegetable Kingdom فى عام ١٨٨٩

٢١ – شرح Hopkins طريقة الكوز للخط ear-to-row لتحسين الذرة فى عام ١٨٩٩

٢٢ – اكتشف دراسات Mendel فى عام ١٩٠٠ بواسطة Correns. و Devris. و Tschermak كل على حدة

٢٣ - اقترح Bateson فى عام ١٩٠٠ الألفاظ آليلى allelomorph، وأصيل homozygote. وخليط heterozygote، والجيل الأول F_1، والثانى F_2، وأضاف إليها اللفظ وراثة genetics فى عام ١٩٠٦

٢٤ – يرجع إلى Nilsen في السويد – في عام ١٩٠١ الفضل في تأكيد دور الانتخاب في تحسين أصناف القمح، والشعير، والشوفان

٢٥ - نشرت نظرية Devris عن الطفرات ودورها في التطور في عام ١٩٠٢

٢٦ اكتشف Punnet & Bateson أول حالة ارتباط في عام ١٩٠٢. وكان ذلك أثناء دراستهم على البسلة

٢٧ - توصل Johannsen إلى نظرية السلالة النقية Pure Line Theory في عام ١٩٠٣

٢٨ نشر Biffen في عام ١٩٠٣ أيضا نتائج أبحاثه عن وراثة صفة المقاومة للصدأ المخطط Stripe Rust في القمح، التي توصل منها إلى أن صفة المقاومه يتحكم فيها عامل وراثي واحد متنحٍ، وكانت تلك أول دراسة تنشر عن وراثة المقاومة للأمراض

٢٩ يرجع إلى Haming – في عام ١٩٠٤ الفضل في استخدام بيئات الأجنه

٣٠ - اقترح Winkler لفظ "حيئة كروموسومية" Genome في عام ١٩٠٦

٣١ – اقترح Harris فكرة مربع كاي χ^2 في عام ١٩١٢، وبين أوجه استعمالها في التأكد من نسب الانعزالات الوراثية

٣٢ – كتب McFadden عن التهجين بين القمح والشيلم في عام ١٩١٧، وقد كان معروفا - قبل ذلك بفتره طويلة أن هذا الهجين يحدث طبيعيًا

٣٣ قسَّم Sakamura أنواع القمح على أساس عدد الكروموسومات في عام ١٩١٨. ونشرات أبحاث Kihara حول الموضوع نفسه في عامي ١٩٢١، و ١٩٢٤

٣٤ – اشتغل كل من East، و Shull بالتربية الداخلية في الذرة، ونشر East نتائج أبحاثه في عام ١٩٠٤ ثم من عام ١٩٠٧ إلى عام ١٩١٢؛ بينما نشر Shull أبحاثه في عام ١٩٠٥ ثم من ١٩٠٨- ١٩١١ وقد توقف Shull عن الدراسة في هذا الموضوع بعد ذلك، بينما استمر East في دراساته في محطة الأبحاث بكونيكتكت، إلى أن خلفه هناك Hayes ويرجع إلى حؤلاء العلماء الأربعة الفضل في وضع التفاصيل الكاملة لتربية الذرة آنذاك.

٣٥ – اقترح Shull – في عام ١٩١٦ – الاصطلاح "قوة الهجين" Heterosis

٣٦ - قدم Jones - فى عام ١٩١٧ - نظريته المعروفة لتفسير قوة الهجين. وأنتج أول صنف ذرة هجين فى عام ١٩١٧ أيضًا، واقترح الهجن الزوجية فى عام ١٩٢٠.

٣٧ - أوضح كل من Hayes & Stakman فى عام ١٩٢١ أهمية اختبار المقاومة للصدأ فى القمح، لكل سلالة من الفطر المسبب للمرض على حدة.

٣٨ - وصف Stadler التأثير المطفر للأشعة السينية على الشعير فى عام ١٩٢٨

٣٩ - اكتشف Dustin الكولشيسين فى عام ١٩٣٤، واستعمله Blackeslee & Avery، و Nebel & Ruttle فى عام ١٩٣٧ فى مضاعفة كروموسومات عدد كبير من الأنواع النباتية

٤٠ - نشرت دراسات Vavilov عن نشأة الأنواع والتباين وتربية النباتات فى عام ١٩٣٥ فى تقرير من ٢٥٠٠ صفحة تحت اسم "الأساس العلمى لتربية النباتات"، وترجم هذا التقرير إلى الإنجليزية بواسطة Chester فى عامى ١٩٤٩، و ١٩٥٠.

٤١ - شرح Harlan & Pope - فى عام ١٩٢٢ - طريقة التلقيح الرجعى لتحسين محاصيل الحبوب الصغيرة

٤٢ - شرح Richey - فى عام ١٩٢٧ - طريقة التحسين المتجمِّع Convergent Improvement لسلالات الذرة المرباة داخليًّا.

٤٣ - اكتشف Rhodes العقم السيتوبلازمى فى الذرة فى عام ١٩٣٣.

٤٤ - اقترح Atkins & Mangelsdorf - فى عام ١٩٤٢ - استخدام السلالات ذات الأصول الوراثية المتشابهة isogenic lines فى دراسة التأثير الكلى للجين فى النبات.

٤٥ - شرح Jones & Clarke - فى عام ١٩٤٣ - وراثة العقم الذكرى الوراثى السيتوبلازمى فى البصل، وبينًا كيفية الاستفادة منه فى إنتاج البذرة الهجين. وكان ذلك أول استخدام للعقم الذكرى فى إنتاج الهجن التجارية.

٤٦ - اقترح Stadler - فى عام ١٩٤٤ - طريقة الانتخاب الجاميطى gamete selection لتحسين سلالات الذرة المرباة داخليًّا.

٤٧ - اقترح Hull - فى عام ١٩٤٥ - طريقة الانتخاب المتكرر recurrent selection لتحسين النباتات.

٤٨ اقترح Comstock وآخرون في عام ١٩٤٩ طريقة الانتخاب المتكرر المتبادل reciprocal recurrent selection

٤٩ - أوضح Chase – في عم ١٩٤٩ – أيضا طريقة استخدام النباتات الأحادية في الحصول على نباتات ثنائية أصيلة بدلا من التربية الداخلية

٥٠ استخدم Sears الإشعاع في عام ١٩٥٦ كأداة لنقل الجينات المسئولة عن مقاومة لصدأ الأوراق من النوع البرى *Aegilops umbellulata* إلى القمح

ويمكن إيجاز التاريخ المبكر للتقدم الذي أحرز في تربية النبات، فيما يلي (عن ١٩٩٨ Agrawal):

١ مارس الأقدمون الانتخاب في النباتات - كفن وخبرة منذ عهود بعيدة، ويظهر ذلك في أعمال ثيوفراستس Theophrastus (٣٧٢–٢٨ قبل الميلاد)، وفرجل Virgil (٧٠–١٩ قبل الميلاد). وكوليوميلا Columella (القرن الأول الميلادى)

٢ اكتشف قدماء المصريون والبابليون الجنس في نخيل البلح منذ سنة ٨٦٠ قبل الميلاد، ووضح نقوسهم قيامهم بعملية التلقيح وأعاد كاميراريس Camerarius اكتشاف الجنس سنة ١٦٩٤ حينما نشر دراساته في هذا الموضوع. وأعقب ذلك قيام توماس فيرتشيلد Thomas Fairchild في ١٧١٩ بتهجين نوعين من الجنس *Dianthus*

٣ نشر Linnaeus دراسته "Species Plantarium" في عام ١٧٥٣، وهي التي قدمت أساسا لتقسيم النباتات

٤ – أوضح كولريتر Kolreuter في دراساته التي نشرها خلال الفترة من ١٧٦١ إلى ١٧٦٥ أهمية التهجين بين النباتات، وتعد دراساته على التهجين بين أنواع الجنس *Nicotiana* رائدة في هذا المجال واستخدم Thomas Andrew Night (١٧٥٩- ١٨٣٨) التهجين الصناعي في إنتاج عديد من أصناف الفاكهة، وأصبح معروفا بأبحاثه على البسلة التي توصل منها – في عام ١٨٢٣ – إلى الاستنتاجات التالية

أ – يسهم الأبوان المذكر والمؤنث بالتساوى في إنتاج الجيل الأول الهجين

ب – تحدث الانعزالات في الجيل الثاني

وقد أشار عرضا إلى النمو القوى للجيل الأول الهجين

وأجرى Von Gartner (١٨٤٩) ١٠٠٠٠ هجين فى ٧٠٠ نوع، و ٨٠ جنسا حصل منها على ٢٥٠٠ هجين، أظهر العديد منها قوة هجين، كما لاحظ العلاقة بين كل من الجيل الأول، والجيل الثانى، والآباء.

أما التاريخ المبكر للتقدم فى الدراسات الوراثية - وهى التى كانت ضرورية للتقدم فى دراسات تربية النبات - فيمكن إيجازها - كذلك - فيما يلى (عن Agrawal ١٩٩٨):

١ - اللاماركية Lamarckism

اقترح Jean Babtiste Lamarck (١٧٤٤-١٨٢٩) نظرية وراثة الصفات المكتسبة، والتى تنص على ما يلى:

أ - تحدث التغيرات فى الأفراد بسبب جهد مبذول، أو استجابة لشدٍّ بيئى، وبفعل الاستعمال أو عدم الاستعمال.

ب - تنقل الوراثة تلك التغيرات المكتسبة خلال فترة حياة الفرد.

ولقد أثبت Weismann - فيما بعد - عدم صحة هذه النظرية

٢ - الداروينية Darwinism:

اقترح تشارلس دارون Charles Darwin (١٨٠٩-١٨٨٢) نظرية الانتخاب الطبيعى فى كتابه المشهور "Origin of Species" كما أنه اعتقد خطأ - كذلك - فى صحة وراثة الصفات المكتسبة وتنص نظريته على ما يلى:

أ - تعد التغيرات دائمة الحدوث فى الطبيعة.

ب - بسبب كثرة النسل تحدث منافسة بين الأفراد على البقاء.

جـ - يكون البقاء للأصلح بفعل الانتخاب الطبيعى.

د - يستمر بقاء الأفراد المنتخبة طبيعيًا من خلال التوارث.

وقد حاول دارون تفسير انتقال الصفات المكتسبة بافتراض أن المواد الوراثية يُتحصّل عليها من كل أجزاء الكائن الحى لتكون الخلايا الجنسية التى تعطى الأفراد الجديدة كما وصف دارون التغيرات التى تحدث تلقائيًّا. وفى عام ١٨٧٦ ظهر كتابه "Cross and Self-fertilization in the Vegetable Kingdom"، والذى أوضح فيه أن التلقيح الخلطى مفيد بصورة عامة، بينما التلقيح الذاتى ضار بالنسل.

٣ - الوايزمانية Weismannism

كان August Weismann (١٨٣٤-١٩١٤) من أتباع دارون، وقد قام بقطع ذيول الفئران وهي صغيرة لمدة جيلا، ولكنها استمرت في إنتاج أفراد بذيول، وتوصل من ذلك إلى رفض نظرية وراثة الصفات المكتسبة واقتراح - بديلاً عنها - نظرية الجيرمبلازم germplasm theary، التي تنص على ما يلي

أ تنفصل المادة الوراثية في الجيرمبلازم في مرحلة مبكرة جداً من تكوين الفرد. بينما يعد باقي جسم الفرد (الـ somatoplasm) مجرد مسكناً للجيرمبلازم

ب - إذا حدث أى تغير يؤثر في الـ somatoplasm دون أن يصل إلى الجيرمبلازم فإنه لا يورث

جـ - بينما يموت الـ somatoplasm بموت الفرد، فإن الجيرمبلازم يستمر في النسل

وقد وضعت نظرية الجيرمبلازم الأساس العلمي للفكر الوراثي الحديث

٤ المندلية Mendelism

نشر جريجور يوحان مندل Gregor John Mendel (١٨٢٢-١٨٨٤) بحثه الشهير "Mendel's Laws of Inheritance" في جمعية التاريخ الطبيعي في برن في عام ١٨٦٦، والذى أقر مبدأ جديد مؤداه أن الكائن الحي يتكون من عدد كبير من الصفات التي تسلك سلوكا مستقلا عن بعضها البعض

ولسوء الحظ فإن الأهمية الكبيرة لدراسات مندل لم تكتشف إلاّ بعد مرور ٣٥ عاما من نشرها، حينما أعاد اكتشافها - في عام ١٩٠٠ - العلماء: دى فريز de Vries، وكورنز Correns، وتسر ماك Tschermak .. كل على انفراد. وقد أعقب اكتشاف قوانين مندل الوراثية ظهور حقبة جديدة من التقدم السريع في علم الوراثة

٥ - الوراثة Genetics

وضع باتسون Bateson مصطلح الوراثة genetics في عام ١٩٠٦ ليشمل كل ما يتعلق بتوارث الصفات والتباينات، وفي عام ١٩٠٦ - كذلك - أوضح Bateson & Punnet أن الصفات تميل أحيانًا إلى التوارث معا ولا تنعزل بسهولة عن بعضها البعض

٦ – الارتباط ونظرية الكروموسومات للوراثة:

وضع مورجان Morgan فى عام ١٩٠٢ نظرية الارتباط ونظرية الكروموسومات لوراثة الصفات

٧ – السيتولوجى Cytology

توصل شليدن وشوان Schleiden & Schwann إلى نظرية الخلية فى عام ١٨٣٩، ثم فى عام ١٨٥٨ وضع فيرشو Virchow نظرية نَسَب (أو خلط) الخلايا cell lineage، والتى تنص على أن الخلايا تنحدر دائمًا من خلايا سبقتها إلى التواجد إلى أن نصل فى نسبها إلى أولى الخلايا تكونًا فى خط نسب مستمر

وقد وُصفت النواة وبينت أهميتها فى الانقسام بواسطة كل من ستراسبورجر Strasburger، وفان بنيدن Van Beneden، وفلمنج Flemming، وهم الذين وضعوا مصطلح الانقسام الميتوزى Mitosis وقد استنتج هرتوج Hertwig (١٨٨٤)، وستراسبورجر، (١٨٨٤)، وفايزمان Weismann (١٨٩٢) من دراساتهم أن الدقة التى تتم بها عملية الانقسام وتوزيع الكروموسومات تؤكد علاقتها الوثيقة بانتقال المادة الوراثية وقد اقترح سترا سبورجر (١٨٧٧)، ووالدير Waldeyer (١٨٨٨) المصطلحين الجاميطات gametes، والكروموسومات chromosomes. وفى عام ١٩٠٢ لفت ستون، وبوفرى Sutton & Boveri الانتباه إلى التوازى بين مسلك العوامل المندلية وسلوك الكروموسومات أثناء الانقسام الميوزى meiosis، الأمر الذى أوضح الأساس الفيزيائى للوراثة

٨ – الوراثة السيتولوجية Cytogenetics

باكتشاف علاقة الكروموسومات بالتوارث تطورت علاقة وثيقة بين دراسات السيتولوجى والوراثة بحيث أصبح من الصعب الفصل بينهما، وبذا ظهر علم جديد هو الوراثة السيتولوجية cytogenetics. وقد أدخل ونكلر Winkler فى عام ١٩١٦ المصطلح جنيوم genome لوصف الهيئة الكروموسوميه وفى عام ١٩١٧ اقترح ونجى Winge نظرية الأصل المتضاعف للأنواع النباتية. حيث ذكر أنها تنشأ بتضاعف هيئات كروموسومية كاملة وتتبع ذلك دراسات Sakamura & Kihara (١٩١٨-١٩٢١) على تقسيم أنواع الاقماح على أساس عدد الكروموسومات ومجموعاتها

٩ – الطفرات Mutations

اكتشف دى فريز de Vries فى عام ١٩٠٢ ظاهرة وراثية هامة أخرى، هى الطفرات mutations، وأوضح أهميتها فى تطور الأنواع الجديدة. وفى عام ١٩٢٨ وصف ستادلر Stadler تأثير المطفر لأشعة إكس فى الشعير.

١٠ – الإحصاء البيولوجى Biometry

درس جالون Galton ومساعدوه (١٨٨٩) التباينات المستمرة فى الكائنات الحية وأوضحوا أنها تورث جزئيًا على الأقل.

وفى عام ١٩٠٦ نشر يول Yule بحثه عن وراثة الصفات الكمية على أساس قوانين مندل، وتلى ذلك – فى عام ١٩٠٨ – اقتراح نظرية العوامل المتعددة التى افترضت أن الصفات الكمية يتحكم فى كل منها سلسلة من الجينات المستقلة ذات التأثير المتجمع، وهى النظرية الافتراضية التى أيدتها دراسات إيست East على الذرة فى عام ١٩١٠.

وقد توصل هاردى فى عام ١٩٠٨، وفينبرج فى عام ١٩٠٩ – كل على انفراد – إلى قانون أساسى فى وراثة العشائر عرف باسم قانون هاردى–فاينبرج. ونشر فشر Fisher فى عام ١٩١٨ دراساته عن الوراثة الكمية والارتباطات بين الصفات، والتى تضمنت تعريف التباين الوراثى وتجزئته إلى تباين إضافى، وتباين السيادة، وتباين التفاعل وطريقة حساب كل منها.

١١ – التطور Evolution

كانت أبرز الدراسات على تطور ونشأة الأنواع خلال تلك الحقبة هى تلك التى توصل إليه Vavilov عام ١٩٣٥ والتى نشرها فى ٢٥٠٠ صفحة تحت عنوان "Scientific Basis of Plant Breeding". وفى عام ١٩٣٧ نشر Dobzhansky كتابه عن "Genetics and the Origin of Species".

١٢ – التضاعف Polyploidy

اكتشف دستن Dustin الكولشيسين colchicine فى عام ١٩٣٤، وأوضح كل من Blackeslee & Avery عام ١٩٣٦، و Nebel & Ruttle عام ١٩٣٧ إمكان استعماله فى مضاعفة أعداد الكروموسومات.

١٣ – العقم الذكرى السيتوبلازمى Cytoplasmic Male Sterility:

اكتشف رودس Rhodes فى عام ١٩٣٣ العقم الذكرى السيتوبلازمى فى الذرة.

الأمور التى يجب أخذها فى الحسبان قبل بدء برنامج التربية

يتطلب أى برنامج للتربية مدة لا تقل عن خمس سنوات، وقد تصل هذه المدة إلى خمسة وعشرين عاما أو أكثر، وهو ما يستلزم من المربى التفكير فى بعض الأمور الهامة قبل أن يبدأ فى برنامج التربية؛ حتى لا يقضى سنوات طويلة من العمل بغير داع، أو فيما لا طائل من ورائه. ويمكن تلخيص أهم الأمور التى يجب أخذها فى الحسبان، فيما يلى

١ يتعين على المربى أن يتعرف على احتياجات المنتج والمستهلك ومتطلبات مصانع الحفظ، وأن يأخذ رأى المزارعين، والمرشدين الزراعيين، ومنتجى البذور، والعاملين فى مجالى الشحن والتسويق بشأن الصفات التى يرونها ضرورية فى الصنف الجديد

٢ - يجب أن يأخذ المربى – فى الاعتبار – المؤشرات الدالة على التغير فى ذوق المستهلك؛ فلا يبدأ برنامج تربية لإدخال صفة معينة، يعلم – سلفًا – أنه توجد بدايه تغير فى ذوق المستهلك بشأنها، كما حدث عندما تغير الطلب على الكرفس الأصفر، وأصبح المستهلك يفضل الكرفس الأخضر.

٣ – وينطبق الشئ ذاته على المؤشرات الدالة على التغيرات المحتملة فى طرق الحصاد؛ نظرا لأن الدواعى الاقتصادية كثيرًا ما تستلزم إجراء الحصاد آليًا، وهو ما يتطلب أصنافًا ذات مواصفات خاصة.

٤ – ويجب على المربى أن يأخذ – أيضًا – فى الاعتبار التغيرات المحتملة فى السلالات الفسيولوجية للمسببات المرضية عند التربية لمقاومة الأمراض، وهو أمر يختلف من مرض إلى آخر، ويكون معروفًا سلفًا.

٥ – وعلى المربى أن يضيف صفات واضحة؛ مثل اللون، والحجم، والشكل المرغوب فيه من المستهلك؛ عند التربية لتحسين صفات لا يشعر بها المستهلك؛ مثل القيمة الغذائيه العالية.

٦ – يتعين على المربى – أيضًا – أن يكون واقعيًا بشأن أهداف التربية؛ فمن الصعب

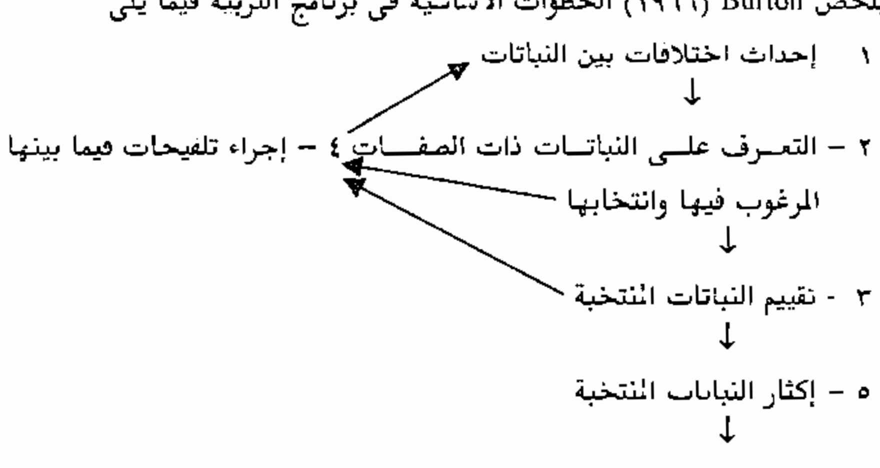
نتج أصناف تكون مبكرة، وعالية المحصول، وكبيرة الثمر في آن واحد؛ لأن الأصناف العالية المحصول، الكبيرة الثمار غالبًا ما تكون متأخرة.

٧ - كما يجب أن يفاضل المربي بين الطرق المختلفة للوصول إلى نفس الهدف، ويختار أيسرها وأسرعها، فمثلا: أمن الأفضل التربية لزيادة محتوى ثمار الفاوون من السكر، أم جعل النباتات أكثر مقاومة للأمراض؟، وهو ما يعني بقاء النباتات نامية بصورة جيدة إلى نهاية موسم الحصاد، مما يؤدي إلى نقص عدد الثمار التي تقل فيها نسبة السكر. وكمثال آخر: فإن المربي يمكن أن يفاضل بين التربية لتحسين صفة الطعم في الطماطم، والتربية لمقاومة التشقق، وارتفاع صلابة الثمار، وهو ما يعني إمكان تأخير الحصاد، إلى أن تصبح الثمار أكثر نضجا، وأفضل طعما.

٨ - كما يتعين على المربي قبل أن يبدأ برنامج التربية أن يفاضل بين التربية والوسائل الأخرى الممكنة لتحقيق الهدف نفسه، وعلى سبيل المثال: فإنه لا توجد صعوبة كبيرة في مكافحة بعض الأمراض والحشرات بوسائل أخرى غير التربية، كما أن إنتاج خضروات صغيرة الحجم - بتضييق مسافة الزراعة - أمر أسهل من إنتاج أصناف جديدة أصغر حجما.

الخطوات الأساسية في برنامج تربية النبات

يلخص Burton (١٩٦٦) الخطوات الأساسية في برنامج التربية فيما يلي:



يربط هذا التلخيص لبرنامج التربية بين العمليات التي يقوم بها المربى، خاصة بالنسبة للعملية الرابعة، والتي يقصد بها الانتخاب المتكرر recurrent selection، حيث توضح الأسهم مكان الانتخاب المتكرر من برنامج التربية وتدور جميع اهتمامات المربى نحو هذه الأمور الستة ووسائل تحقيقها وقد يعترض البعض على أن الخطوة الخمسة – الخاصة بإكثار النباتات المنتخبه – ليست من اختصاص المربى، ولكن منْ ذا الذى يمكن أن تتوفر لديه الرغبة فى المحافظة على الصنف الجديد وإكثاره أكثر من المربى نفسه الذى يقضى – فى المتوسط – من ٥–٢٥ سنة من عمره فى إنتاج أى صنف جديد.

ويفصل Singh (١٩٩٣) فى شكل (١–١) الخطوات الأساسية فى برامج التربية – وهى التى أسلفنا إيجازها – وخاصة فيما يتعلق بخطوة إحداث الاختلافات بين النباتات، سواء أكانت هذه الاختلافات من بين تلك التى تتواجد طبيعيًا، أم أنها تستحدث بواسطة المربى.

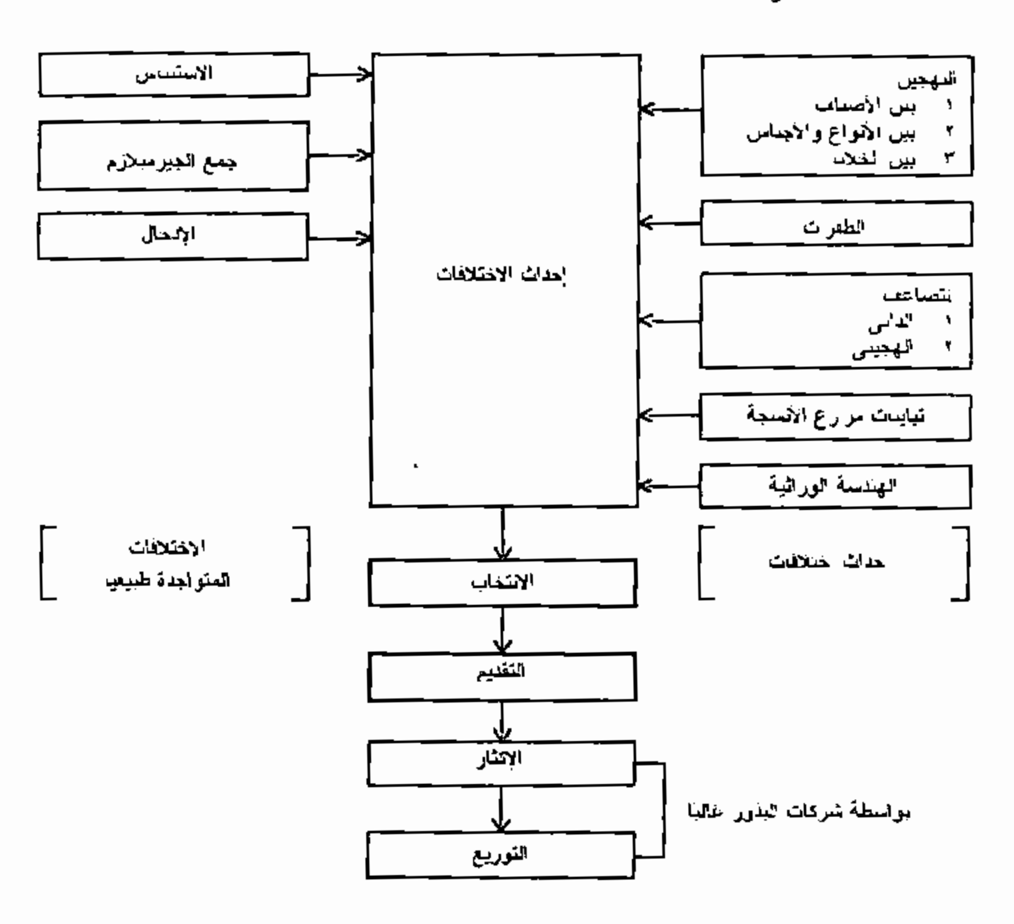
يقوم المربى بجميع الخطوات التى سبق بيانها، سواء أكان يعمل فى المؤسسات العلمية الحكومية، أم فى القطاع الخاص كشركات إنتاج البذور، وهما مجالان يربط بينهما التعاون الوثيق والدعم المتبادل، للوصول إلى الهدف المنشود من التربية. ولمزيد من التفاصيل عن دور المربى فى كلتا الحالتين . يراجع Ryder (١٩٨٤)

مصادر الجيرمبلازم اللازم لبدء برنامج التربية

يعرف الجيرمبلازم germplasm بأنه أى مصدر لصفة معينة، أو لمجموعه من الصفات الوراثية المحددة، وهو اصطلاح واسع الاستعمال، فعلى سبيل المثال .. يطلق على المجموعة العالمية لأصناف القمح وسلالاته – وهى تزيد على ٤٠ ألفًا – بأنها جيرمبلازم القمح العالمى، ويطلق اسم جيرمبلازم الطماطم المقاوم للحرارة العالية على مجموعة الأصناف، والسلالات التى تتوفر فيها هذه الصفة، كما تطلق كلمة جيرمبلازم على مجموعة الأصناف والسلالات، التى تتوفر لدى المربى الذى يعمل على تحسين صفة ما أو مجموعة من الصفات فى محصول معين.

وقد استعمل – منذ ثمانينيات القرن العشرين – مصطلح تعزيز الجيرمبلازم germplasm enhancement (Ryder ١٩٨٤)، للدلالة على عملية تربية النباتات ذاتها وتحسينها. وهى – فى جوهرها – عملية تجميع مستمرة لصفات مرغوب فيها فى

صنف ناجح، أو فى مجموعة من الأصناف من محصول ما. تمثل الجيرمبلازم المرغوب فيه من هذا المحصول



شكل (١-١) الخطوات الأساسية فى برنامج التربية

ويمكن إيجاز مصادر الجيرمبلازم اللازم لبدء برنامج التربية فيما يلى: (عن Fehr ١٩٨٧):

١ – الأصناف التجارية المحسنة

تعد الأصناف التجارية المحسنة أهم أنواع الجيرمبلازم التى يمكن أن يبدأ بها المربى برنامج التربية، وكلما ازداد اختلاف هذه الأصناف فى صفاتها ازدادت الفرصة لحصول المربى على تراكيب وراثية جديدة، تجمع الصفات المرغوبة فيها معا ويفضل استعمال الأصناف الحديثة المستخدمة فى الزراعة التجارية سواء أكانت

محلية، أم مستوردة - على الأصناف القديمة التى لم تعد مستخدمة فى الزراعة ويحصل على الأصناف التجارية من شركات البذور المتخصصة

٢ -- صفوة سلالات التربية Elite Breeding Lines

يمكن أن يبدأ برنامج التربية معتمدًا على سلالات التربية الممتازة التى تمثل الصفوة المنتخبة من برامج تربية أخرى، بعد أن تكون قد قطعت شوطا طويلا فى عمليات التقييم ولكنها لم تعتمد بعد أو لا يرغب فى اعتمادها كصنف جديد يتم تداول هذه السلالات عادة بين مربى المحصول الواحد. خاصه بعد أن يعلن عنها فى المجلات العلمية المتخصصة

٣ – سلالات التربية المحسنة الفائقة فى صفة أو أكثر:

يمكن أن يبدأ برنامج التربية بسلالات تربية محسنة لم تصل إلى مستوى الصفوة، ولكنها تفوق غيرها فى صفة ما، أو فى صفات قليلة يرغب المربى فى إدخالها ضمن برنامج التربية ويمكن اعتبار الأصناف التجارية القديمة – التى لم تعد مستعملة تجاريًا – من هذه الفئة، لأنها قد تكون مصدرًا لبعض الصفات المرغوب فيها ويطلق على هذه النوعية من الجيرمبلازم اسم الأصول الوراثية genetic stocks، أو سلالات الجيرمبلازم germplasm lines.

٤ – النباتات المُدخلة أو المستوردة plant Introductions من الأنواع المزروعة

تشمل هذه الفئة من الجيرمبلازم كل السلالات التى تُجمع من مختلف دول العالم بما فى ذلك السلالات التى تجمع محليًا، أو تعد مصدرًا مهمًا لعديد من الصفات، ويبحث فيها مربو النبات – دائما -- عن مصادر لمقاومة الآفات المختلفة، التى لا تتوفر فى الأصناف التجارية، وهى تشمل الأصناف البلدية، والطرز البرية من المحصول، وطرز "الحشائش" المحصولية.

٥ – الأنواع القريبة

يلجأ المربى – أحيانًا – إلى الأنواع القريبة من المحصول المزروع، لنقل صفات معينة منه، لا تتوفر فى المحصول الذى يسعى إلى تحسنه، وتُتبع – فى هذه الحالة – طُرق شتى لإجراء التهجين النوعى أو الجنسى المطلوب.

أما مصادر المعلومات عن الجيرمبلازم - الذى يمكن أن يبدء بـه المربى برنامج التربية - فإنها تتوفر فيما يلى:

١ - الدوريات العلمية المتخصصة

٢ - كتيبات شركات البذور العالمية

٣ - تقارير تعاونيات المهتمين بوراثة مختلف المحاصيل، وهى جمعيات تضم المشتغلين بوراثة محاصيل معينة، وتحسينها، وتهتم بجمع جيرمبلازم هذه المحاصيل، ودراسته وراثيًا، وتُنشر تقارير دورية عن نتائج دراساتهم فى هذه المجالات، ومن أمثلتها ما يلى (عن Rick ١٩٧٠):

- تعاونية مربى التفاح Apple Breeders Cooperative
- تعاونية تحسين الفاصوليا Bean Improvement Cooperative
- تعاونية تحسين الصليبيات Crucifer Improvement Cooperative
- تعاونية وراثة القرعيات Cucurbit Genetics Copperative
- مؤتمر مربى العنب Grape Breeders Conference
- تعاونية برنامج تربية الجزر الوطنية National Cooperative Carrot Breeding Program
- اجتماع عمل الخس الوطنى National Lettuce Workshop
- مؤتمر مربى الخوخ الوطنى National Peach Breeders Conference
- رابطة مربى الذرة السكرية الوطنية National Sweet Corn Breeders Association
- تعاونية مربى الكمثرى Pear Breeders Cooperative
- رابطة وراثة البسلة Pisum Genetics Association
- المشتغلون بالثمار الصغيرة Small Fruit Workers
- برنامج تبادل الطماطم الجنوبى Soulthern Tomato Exhange Program
- المائدة المستديرة لمربى الطماطم Tomato Breeders Round Table
- تعاونية وراثة الطماطم Tomato Genetics Cooperative.
- الرسالة الإخبارية لتحسين الخضر Vegetable Improvement Newsletter
- خدمة معلومات القمح Wheat Information Service

وبالرغم من أن غالبية الجمعيات التى ورد ذكرها أمريكية، وتختص بالمحاصيل البستانية إلا أنه توجد جمعيات أخرى أوروبية، وجمعيات تهتم بالمحاصيل الحقلية.

٤ – بالاتصال الشخصى مع مربى النبات فى مختلف دول العالم

معاهد ومراكز البحوث الدولية المهتمة بتربية النباتات

برزت معاهد البحوث الدولية كمؤسسات تهتم بتربية المحاصيل الرئيسية الهامة لأجل إنتاج أصناف عالية المحصول يتم توزيعها فى الدول النامية. وتتلقى تلك المعاهد دعمًا ماليًا من جهات عديدة، مثل الأمم المتحدة، الدول المانحة، والمؤسسات الخاصة المانحة

وفيما يلى قائمة بأسماء المعاهد البحثية الدولية، ومواقعها، والمحاصيل التى تهتم بتربيتها:

١ – مركز بحوث وتنمية الخضر الآسيوى Asian Vegetable Research and Development Center (اختصارًا AVRDC) يوجد المركز فى شانهو Shanhua بتايوان Taiwan، ويهتم بكل من الكرنب الصينى، وفاصوليا المنج، والفلفل، والطماطم، وفول الصويا

٢ – المركز الدولى للبحوث الزراعية فى المناطق القاحلة International Center for Agricultural Research in Dry Areas (اختصارًا: ICARDA): يوجد المركز فى حلب Aleppo بسوريا، ويهتم بكل من: الشعير، والحمص، والفول، ومحاصيل المراعى الاستوائية، والعدس، والقمح

٣ المركز الدولى لتحسين الذرة والقمح International Center for Maize and Wheat Improvement (اختصارًا CIMMYT): يوجد المركز فى Mexico City بالمكسيك، ويهتم بالذرة، والترتيكيل triticale، والقمح.

٤ - المركز الدولى للزراعة الاستوائية International Center for Tropical Agriculture (اختصارا CIAT) يوجد المركز فى كالى Cali بكولومبيا Colombia، ويهتم بكل من الفاصوليا الجافة، والكاسافا، والقمح، ومحاصيل المراعى الاستوائية

٥ المعهد الدولى لبحوث المحاصيل فى المناطق الاستوائية سبه القاحلة International Crops Research Institute for Semi-Arid Tropics (اختصارًا ICRISAT) يوجد المعهد فى الهند (Patancheru, Andhra Pradesh, India)، ويهتم بكل من الحمص، والدُخن millet، والفول السودانى، وبسلة بيجون

٦ المعهد الدولى للزراعة الاستوائية International Institute of Tropical Agriculture (اختصارًا IITA) يوجد المركز فى إبادن Ibadan بنيجيريا Nigeria، ويهتم بكل من الكاسافا، واليام cocoyam، واللوبيا، وفاصوليا الليما، والذرة، وبسلة بيجون، والارز، وفول الصويا، والبطاطس، والفاصوليا المجنحة، واليام yam

٧ – مركز البطاطس الدولى International Potato Center (اختصارًا CIP) يوجد المركز فى ليما Lima – ببيرو Peru، ويهتم بكل من البطاطس والبطاطا.

٨ – المعهد الدولى لبحوث الأرز International Rice Research Institute (اختصارا IRRI) يوجد المعهد فى لوس بانيوس Los Banos بلاجونا Laguna بالفيليبين Philippines، ويهتم بالأرز (عن Poehlman & Sleper ١٩٩٥).

ولقد تكونت فى عام ١٩٧١ ما يعرف باسم "المجموعة الاستشارية للبحوث الزراعية الدولية" The Consulative Group on International Agricultural Research (اختصارًا CIGAR)، وهى منظمه فريدة فى تكوينها؛ فليس لها كيان قانونى، وليس لها ميثاق مكتوب، وليس لها متطلبات رسمية للعضوية، وتعمل كوسط للمناقشة والتعاون ولقد أثبتت المجموعة كفاءة عالية فى تحقيق أهدافها وهى تتشكل (حتى عام ٢٠٠٠) من ٥٣ عضوا حكوميًّا خاصًّا تدعم ١٦ مركزًا بحثيًا دوليًا. وللمجموعة داعمين مشاركين Co-sponsors، هم منظمة الأغذية والزراعة التابعة للأمم المتحدة (الفاو FAO، وبرنامج التنمية التابع للأمم المتحدة United Nation Development Program، وبرنامج البيئة التابع للأمم المتحدة United Nation Environment Program ويترأس المجموعة أحد كبار المسئولين بالبنك الدولى، كما يوفر البنك الدولى سكرتارية لجهاز المجموعة فى واشنطن وتبلغ ميزانية المجموعة حوالى ٣٠٠ مليون دولار أمريكى سنويًا ويساعد المجموعة مجلسا استشاريًا يعرف باسم Technical Advisory Committee يقدم

استشارته فيما يتعلق بالأمور العلمية والدعم المالى للمراكز البحثية التى تدخل ضمن مسئوليته

ويعطى Chopra (٢٠٠٠) مزيدًا من التفاصيل عن المراكز والمعاهد البحثية الزراعية الدولية الستة عشرة التى تتبع الـ CIGAR (تتضمن القائمة الثمانى مراكز ومعاهد التى أسلفنا بيانها)، وهى كما يلى:

1. International Center for Tropical Agriculture (CIAT), Cali, Colombia
2. Center for International Forestry Research (CIFOR), Jakarta, Indonesia.
3. International Center for the Improvement of Maize and Wheat (CIMMYT), Mexico City, Mexico.
4. International Potato Center (CIP), Lima, Peru.
5. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syrian Arab Republic.
6. International Center for Research in Agroforestry (ICRAF), Nairobi, Kenya.
7. International Crops Research Institute for the semi-Arid Tropics (ICRISAT), Patancheru, Andhra Pradesh, India.
8. International Institute of Tropical Agriculture (ITTA), Ibadan, Nigeria.
9. International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), Rome, Italy.
10. International Rice Research Institute (IRRI), Manila, The Philippines.
11. West Africa Rice Development Association (WARDA), Bouake, Cote d'Ivoire.
12. International Center for Living Aquatic Resources Management (ICLARM), Makati City, The Philippines.
13. International Food Policy Research Institute (IFPRI), Washington, D. C., USA.
14. International Management Institute (IMI), Colombo, Sri Lanka.
15. International Livestock Research Institute (TLRI), Nairobi, Kenya.
16. International Service for National Agricultural Research (ISNAR), The Hague, The Netherlands.

دوريات المستخلصات المهتمة ببحوث تربية النبات

تُرصد الأبحاث التى تتناول مختلف أوجه وأنشطة تربية النباتات والتى تنشر فى

جميع أنحاء العالم ترصد فى دوريتين رئيسيتين من دوريات المستخلصات Abstracting Periodicals، هما

١ - دورية Plant Breeding Abstracts

وهى دورية تصدر شهريًا عن الـ Commonwealth Agricultural Bureau (اختصارا CAB)، وتحوى قرابة ١٣ - ١٥ ألف مستخلص بحثى سنويًا فى مجالات تربية النبات، والوراثة، والوراثة الجزيئية، والتكاثر، والتقسيم والتطور، والمقاومة، والسيتولوجى.

٢ – دورية Plant Genetic Resources Abstracts

وهى دورية تصدر بالتعاون بين الـ CAB، والمعهد الدولى للثروة الوراثية النباتية International Plant Genetic Resources Institute، وتحوى أكثر من ٢٥٠٠ مستخلص بحثى سنويًا فى مجالات التربية، وشبكات المعلومات، والتقسيم والتطور، والأنواع الجديدة، والتباينات الوراثية داخل العشائر النباتية وبينها، وحصر الجيرمبلازم، وحفظ الجيرمبلازم وتقييمه وتسجيله وتحسينه واستعماله وتبادله (عن Praciak & Hobbs ١٩٩٥).

برامج التربية بالمشاركة

بدأ منذ سبعينيات القرن العشرين اتجاه نحو إشراك المهتمين بتحسين وتربية النباتات فى تنفيذ برامج التربية بالتعاون مع المربين، فيما يعرف باسم participatory plant breeding، حيث يشارك فى تنفيذ البرامج – إلى جانب مربى النبات – المزارعون، والمستهلكون، والمرشدون الزراعيون، والتجار، والقائمون بتصنيع المحصول، والجمعيات الريفية.

ولقد أطلق على برامج التربية التى تجرى بالمشاركة Participatory Plant Breeding عديدا من المسميات، منها:

١ – تربية النبات التعاونى Collaborative Plant Breeding.

٢ – التربية بمشاركة المزارع Farmer Participatory Breeding.

٣ – التحسين المحصولى بالمشاركة Participatory Crop Improvement.

٤ – انتخاب الأصناف بالمشاركة Participatory Variety Selection.

أنواع برامج التربية بالمشاركة

يجرى عادة نوعان من برامج التربية بالمشاركة. نوع استشارى consultative، وآخر تعاونى collaborative ويتم فى النوع الاستشارى استشارة المزارعين فى جميع مراحل البرنامج بداية من تحديد الأهداف واختيار الآباء حتى اتخاذ القرار النهائى، ولكن البرنامج ذاته يقوم به المربين أما فى النوع التعاونى فإن المزارعين يقومون أنفسهم بزراعة الأجيال الانعزالية الأولى، وينتخبون أفضل النباتات فى حقولهم، ويستمر التعاون قائمًا خلال الأجيال التالية كذلك

إسهامات المشاركون فى برامج التربية بالمشاركة

يسهم المشاركون فى برامج التربية فى عملية البحث ذاتها من عدة وجوه، كما يلى

١ - تحديد أهداف البرنامج.

٢ - تحديد الأولويات.

٣ إجراء التلقيحات.

٤ – تقييم الجيرمبلازم فى المراحل الأولى للبرنامج.

٥ – إجراء التقييم النهائى على النطاق الواسع

٦ – الإسهام فى عملية إكثار البذور

٧ – المشاركة فى نشر زراعة الأصناف الجديدة

٨ – كذلك فإن حفظ الجيرمبلازم فى مكانه بالطبيعة *In situ* conservation من أنسب طرق الحفظ؛ الأمر الذى يمكن تحقيقه بواسطة المزارعين أنفسهم من خلال برامج التربية بالمشاركة، حيث يستمرون فى زراعة عشائر نباتية تكثر فيها الاختلافات الوراثية وتستمر فيها الانعزالات.

المجالات التى تفضل فيها التربية بالمشاركة

إن التربية بالمشاركة تركز أساسًا على ما يلى:

١ – المحاصيل الذاتية التلقيح، مثل الأرز، والشعير، والفاصوليا.

٢ - تحمل الظروف البيئية القاسية وظروف الزراعة غير المثالية.

٣ – التوسع فى استعمال السلالات المحلية كآباء فى برامج التربية

٤ - الانتخب للتأقلم على ظروف بيئية معينة

٥ التركيز على لامركزية عمليتى الاختبار والتقييم

دواعى التربية بالمشاركة

إن من أهم الأسباب التى دعت مربى النبات إلى الاتجاه نحو التربية بالمشاركة، ما يلى

١ يؤدى إجراء الانتخاب فى محطات التجارب إلى إنتاج أصناف متفوقة على الأصناف والسلالات المحلية تحت الظروف المثلى فقط، بينما قد لا تكون تلك الأصناف متفوقة أو متميزة تحت ظروف الزراعة البدائية لدى المزارع الصغير

٢ – يعمد صغار المزارعين فى الظروف البيئية القاسية إلى المحافظة على أكبر قدر من الأنواع النباتية والتباينات الوراثية كعامل أمان ضد الانحرافات الحادة فى العوامل البيئية، ويدخل ضمن تلك الإجراءات زراعة المحاصيل المختلطة، والأصناف المخلطة، والعشائر المتباينة وراثيًا

٣ حينما يشارك المزارعون فى عملية الانتخاب فإن الأسس التى يبنون عليها الانتخاب تختلف كثيرا عن تلك التى يعتمد عليها المربين، حيث يتأثر المزارعون بقوة باحتياجاتهم الخاصة واحتياجات الأسواق المحلية على حساب احتياجات الأسواق البعيدة

٤ – نجد فى برامج التربية العادية أن السلالات التى تكون جيدة فى بعض المواقع ولكنها لا تكون بنفس المستوى تحت ظروف الزراعة المثلى هذه السلالات يتم استبعادها لأنها تكون قليلة المحصول، على الرغم من انها تكون هى المطلوبة تحت ظروف الزراعة غير المثلى (عن Chopra ٢٠٠٠)

متطلبات التربية بالمشاركة

يناسب التربية بالمشاركة إجراء عدد قليل من التلقيحات التى يستخدم فيها آباء منتقاة بعناية، على أن تجرى التربية بطريقة الانتخاب الإجمالى أو بالتحدر من بذرة واحدة، كذلك يتعين الحد من أعداد السلالات والعائلات التى يتم تقييمها مقارنة بما

يحدث فى طرق التربية التقليدية، بينما يزداد حجم العشائر النباتية المستخدمة، أى تتم زيادة أعداد النباتات المزروعة من كل عشيرة منها

ويعد تقييم الأصناف بالمشاركة أولى خطوات انتخاب الآباء المرغوب فيها، حيث يتحدد مدى قبول المزارعين للجيرمبلازم المحلى والمستورد. ويتم التعرف على الصفات الهامة

وعلى الرغم من أن البرنامج يجب أن يبدأ بعدد قليل من التلقيحات، فإن أعدادها تزداد بمرور الوقت إذا ما أضيف تلقيح أو أكثر سنويًا، الأمر الذى يحافظ على استمرار اهتمام المزارعين بالبرنامج من خلال إمدادهم - سنويًّا - بعشائر وراثية جديدة من برنامج التربية المركزى.

ويتعين فى هذه البرامج ألا تتضخم أعداد السلالات والعشائر التى يحتفظ بها أى مزارع على حدة، وإن كان من المناسب زيادة أعداد النباتات فى كل واحدة من العشائر المحتفظ بها، خاصة وأن التكاليف الإضافية لتلك الزيادة فى أعداد النباتات تعد قليلة نسبيًّا (عن Sperling وآخرين ٢٠٠١، و Almekinders & Elings ٢٠٠١، و Witcombe & Virk ٢٠٠١)

وتعد طريقة الانتخاب الإجمالى أكثر طرق التربية مناسبة للتطبيق فى برامج التربية بالمشاركة نظرًا لإمكان تطبيقها من قبل المزارعين دونما مشاكل.

مزايا التربية بالمشاركة

تحقق برامج التربية بالمشاركة المزايا التالية:

١ - الوصول إلى المزارع الصغير، وتحقيق احتياجاته بطريقة أكثر كفاءة عما فى برامج التربية العادية التى يقوم بها المربى فقط.

٢ - التربية للقدرة على تحمل الظروف القاسية والبيئات غير المتجانسة، حيث يكون أحد الآباء - على الأقل - فى كل تلقيح - متوافقًا مع البيئة المحلية.

٣ - يقل كثيرًا التفاعل بين التركيب الوراثى والبيئة، لأن الانتخاب يجرى تحت الظروف البيئية المعنية.

٤ – يكون سلوك الأب المحلى ثابتا من سنة لأخرى

٥ - لا يحتاج برنامج لتربيه إلى إجراء تهجينات كثيره، مما يسمح بإمكان زيادة اعداد نباتات عشائر الجيلين الثانى والثالث التى يمكن زراعتها واختبارها، الأمر الذى يزيد من احتمالات الحصول على الانعزالات الوراثيه المرغوب فيها

٦ تزدد كثيرا كفاءة الانتخاب للصفات التى يفضلها المستهلك (Chopro ٢٠٠٠)

قائمة ببعض الكتب المرجعية فى مجال أساسيات وطرق تربية النبات

نقدم - فيما يلى قائمه بعدد من الكتب المرجعية الهامه التى تتناول شتى أوجه أساسيات وطرق تربية النبات

المرجع	الموضوع
Hayes وآخرون (١٩٥٥)	أسس وطرق تربية النبات
Allard (١٩٦٤)	أسس وطرق تربية النبات
Brewbaker (١٩٦٤)	الأسس العامه مبسطة
Williams (١٩٦٤)	الأسس الوراثيه وتربيه النبات
Frey (١٩٦٦)	مقالات مراجعات متنوعة فى مواضيع مختلفه
Briggs & Knowles (١٩٦٧)	أسس وطرق تربية النبات
Chaudhari (١٩٧١)	المبادئ العامة لتربية النبات
Ledoux (١٩٧٥)	جوانب متنوعة لأسس التربيه متقدم
Simmonds (١٩٧٩)	مبادئ تحسين النباتات
Mayo (١٩٨٠)	أسس تربية النبات
Sneep & Hendriksen (١٩٧٩)	أسس تربية – متقدم
على والجلبى (١٩٨١)	المبادئ العامة مختصرة ومبسطه
Welsh (١٩٨١)	أسس تربية النبات مبسطة
Frey (١٩٨١)	جوانب متنوعة لأسس التربية متقدم
Vose & Blixt (١٩٨٤)	أسس تربية – متقدم
Russell (١٩٨٥)	مواضيع متنوعة فى تربية النبات

المرجع	الموضوع
إلياس ومحمد (١٩٨٥)	الأسس العامة مبسطة
Fehr (١٩٨٧)	أسس وطرق تربية النبات
الخشن وآخرون (١٩٨٨)	أسس وطرق تربية النبات
Stalker & Murphy (١٩٩٢)	مقالات مراجعات متنوعة فى مواضيع مختلفة
Callaway & Francis (١٩٩٣)	التربية لأجل الزراعة المتواصلة
Singh (١٩٩٣)	أسس وطرق تربية النبات
Poehlman & Sleper (١٩٩٥)	أساسيات وطرق التربية وتطبيقاتها على المحاصيل الحقلية
Agrawal (١٩٩٨)	أساسيات تربية النبات
Allard (١٩٩٩)	تعد هذه الطبعة مكملة للطبعة الأولى من الكتاب وليست بديلاً عنها
Simmonds & Smartt (١٩٩٩)	أساسيات وطرق تربية النبات .. مكمل للطبعة الأولى (Simmonds ١٩٧٩).
Chopra (٢٠٠٠)	أسس وطرق تربية النبات
Chahal & Gosal (٢٠٠٢)	أسس وطرق تربية النبات

الفصل الثانى

طرق التكاثر وأهميتها فى تربية النبات

إن لطريقة تكاثر المحصول أهمية كبيرة للمربى، لما لها من تأثير فى التركيب الوراثى للنبات الواحد، ومدى التشابه أو الاختلاف الوراثى بين نباتات العشيرة الواحدة، والطرق المناسبة لتربية المحصول، والكيفية التى يتم بها تداوله أثناء تنفيذ برنامج التربية؛ لذا فإن الدراسة المفصلة لطرق التكاثر فى النباتات تعد ضرورية لفهم أساسيات التربية وطرقها. ويمكن – عمومًا – تقسيم طرق التكاثر فى النباتات إلى قسمين، هما التكاثر اللاجنسى، والتكاثر الجنسى. ولقد تناول Richards (١٩٨٦) – بشئ من التفصيل – موضوع التكاثر فى النباتات، وعلاقته بنظم تربيتها.

وقبل الدخول فى تفاصيل طرق التكاثر فإننا نلقى الضوء أولاً على الخلية النباتية ومكوناتها.

الخلية النباتية

تحتوى الخلية على المكونات التالية (عن Rost وآخرين ١٩٨٤):

١ – الجدار الخلوى الأولى primary cell wall: يبلغ سمكه ٢–٥ ميكروميتر، ووظيفته الحماية وإكساب الخلية متانتها.

يحتوى الجدار الخلوى الأولى على ألياف سيليلوزية cellulose microfibrils يبلغ قطرها ١٠–٢٥ نانوميتر وبطول غير محدد، ووظيفتها الدعم الميكانيكى للخلية

وتتكون الألياف السيليلوزية ذاتها من جزيئات السيليلوز التى تبلغ أبعادها ٨٣٤ ، × ٨ ، نانوميتر، ووظيفتها الدعم.

كما يحتوى الجدار الخلوى الأولى على نسيج غير منظم amorphus matrix تقع فيه الألياف السيليلوزية

٢ - الصفيحة الوسطى middle lamella يبلغ سمكها ٢ ميكروميتر، ووظيفتها لصق الجدر الخلوية بعضها ببعض.

٣ - البروتوبلاست protoplast يتكون البروتوبلاست أو البروتوبلازم protoplasm من السيتوبلازم - وهو موقع التفاعلات الحيوية التي تتحكم فيها النواة nucleus - والنواة.

ويحتوى السيتوبلازم على المكونات التالية:

- الكلوروبلاستيدات chloroplast تبلغ أبعادها ٢-٢٠ ميكروميتر، ووظيفتها البناء الضوئي
- الكروموبلاستيدات chromoplast تبلغ أبعادها ٢-١٠ ميكروميتر، ووظيفتها تخزين الكاروتينات والصبغات المماثلة
- الأميلوبلاستيدات amyloplast تبلغ أبعادها ٢-٢٥ ميكروميتر، ووظيفتها تخزين النشا
- البلاستيدات عديمة اللون leucoplast تبلغ أبعادها ٢-١٠ ميكروميتر، وهي التي تنشأ منها الأنواع الأخرى من البلاستيدات
- الميتوكوندريات mitochondria تبلغ أبعادها (٠.٥-٢) × (٢-١٠) ميكروميتر، ووظيفتها التنفس
- الدكتيوسومات dictosomes يبلغ قطرها ٣ ميكروميتر، ووظيفتها تمثيل الإنزيمات
- الشبكة الإندوبلازمية endoplasmic reticulum يبلغ قطرها ١٧ نانوميتر وبدون طول محدد، ووظيفتها تمثيل البروتين وانتقاله داخل الخلية
- الريبوسومات ribosomes يبلغ قطرها ٢٠ نانوميتر، ووظيفتها تمثيل البروتين

الاسفيروسومات spherosomes يبلغ قطرها ١ ميكروميتر، ووظيفتها تمثيل الدهون وتخزينها

- الأجسام الميكرو microbodies يبلغ قطرها ٠.١-٢ ميكروميتر، ووظيفتها فصل وحجز compartmentalization الإنزيمات عن بعضها البعض
- الأنابيب الميكرو microtubules يبلغ قطرها ١٨-٢٥ نانوميتر وبدون طول محدد،

ووظيفتها التحكم فى شكل الخلية، واتجاه الانقسام الخلوى الجديد، وحركة الكروموسومات

- الخيوط الميكرو microfilaments يبلغ قطرها ٤–٧ نانوميتر، وتلعب دورا فى حركة السيتوبلازم
- الغشاء البلازمى الداخلى tonoplast يبلغ سمكه ٨ نانوميتر، ووظيفته تنظيم التبادل بين الفجوة العصارية والسيتوبلازم
- الغشاء البلازمى الخارجى plasmalemma يبلغ سمكه ٨ نانوميتر، ووظيفته تنظيم التبادل بين السيتوبلازم والسوائل الخارجية.
- الروابط البروتوبلازمية plasmodesmata. يبلغ سمكها ٢ ميكروميتر، وهى تربط الخلايا بعضها ببعض

أما النواة nucleus .. فيبلغ قطرها ٥–٣٠ ميكروميتر، وهى تحتوى على المعلومات الوراثية التى تلزم للنمو والنشاط الطبيعيين للخلايا.

وتحتوى النواة على المكونات التالية:

- الغلاف النووية nuclear envelope يبلغ سمكه ٢٥ نانوميتر، وهو يفصل مكونات النواة عن السيتوبلازم.
- البلازما النووى nucleoplasm· الوسط التى تتواجد فيه الأجسام النووية الأخرى.
- البروتينات النووية nucleoproteins هى التى تنتظم فيها الأحماض النووية
- الأحماض النووية nucleic acids. تتكون من الدنا DNA والرنا RNA.
- حلزون الدنا DNA helix يبلغ قطره ١٨ نانوميتر وبدون طول محدد، وهو يحمل الشفرة الوراثية.
- وحدات ليفية unit fibers يبلغ قطرها ١٢،٥ نانوميتر وبدون طول محدد، وهى تطوق حلزون الدنا والبروتين النووى
- النوية nucleolus. يبلغ قطرها ١–٥ ميكروميتر، ووظيفتها تمثيل الرنا.
- الرنا RNA· وظيفة نقل المعلومات من الدنا إلى السيتوبلازم.
- الكروموسومات chromosomes· يبلغ سمكها ٢-٢٠٠ ميكروميتر، وهى الوسيلة التى ينتقل عن طريق حلزون الدنا أثناء الانقسام.

- الكينيتوكور kinetochore وهى جزء الكروموسوم الذى يتعلق منه بخيوط المغزل
- سنترومير centromere هو الكينيتوكور
- الكروماتيده chromatid يبلغ سمكها ١ - ١٠ ميكرومبتر، وهى نصف كروموسوم
- خيوط المغزل spindle fibers هى تركيب سيتوبلازمى يشارك فى حركة الكروموسومات أثناء الانقسام

٤ - الفجوات vacules تلعب وظائف متعددة ذات اهميه فى التنظيم المائى للخليه

التكاثر اللاجنسى

يعنى بالتكاثر اللاجنسى Asexual Reproduction تكوين الأفراد الجديده بطريقة لاجنسيه، أى دون تلقيح وإخصاب، ويتبع ذلك أن تكون كل الأفراد الجديده امتدادا للنبات الأصلى، الذى نشأت منه، ومماثلة له تماما فى تركيبها الوراثى. وهو ما يعنى أن تكون متجانسه تماما فيما بينها. وتنمو الأفراد الجديدة من الفرد الأصلى بطريقه الانقسام الميتوزى Mitosis (أو غير المباشر)

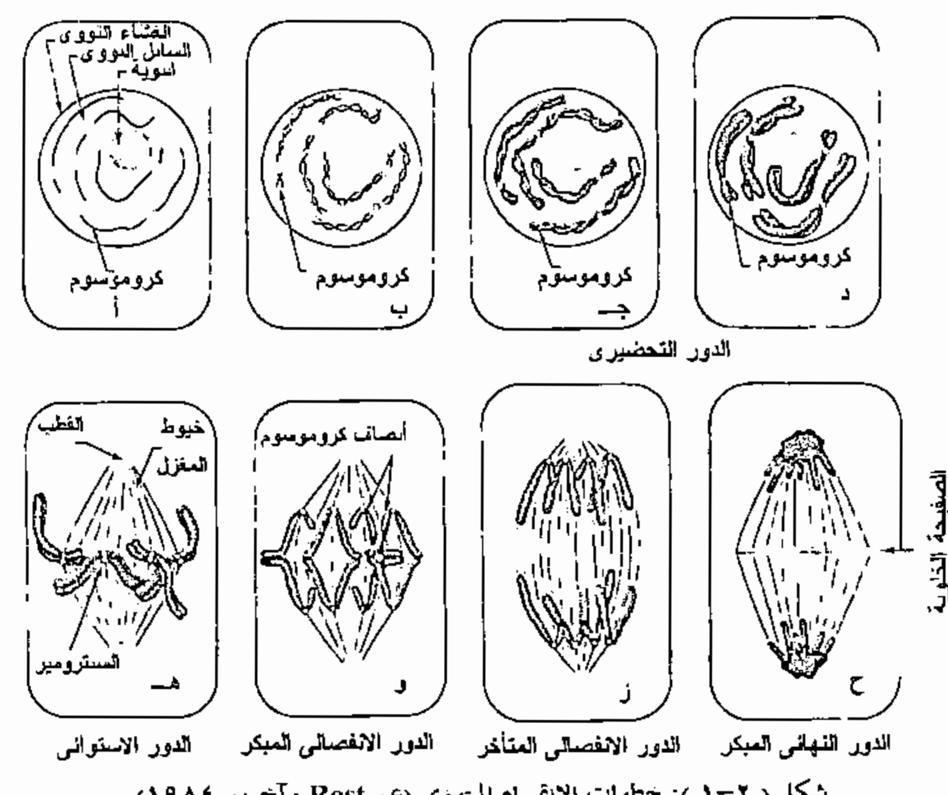
الانقسام الميتوزى

يعد الانقسام الميتوزى وسيله الانقسام الوحيدة للتكاثر اللاجنسى فى النباتات الراقيه وهو لا يُحدث أى تغير وراثى فى الخلايا الناتجة من الانقسام، لذا فإن جميع خلايا الفرد الجديد تكون مماثلة تمامًا فى تركيبها الوراثى لخلايا النبات الأصلى الذى نشأت منه، ويتضح ذلك عند تتبع خطوات الانقسام الميتوزى، التى يمكن إيجازها فيما يلى (شكل ٢-١)

١ - الدور التمهيدى Prophase

تظهر الكروموسومات - فى هذا الدور - على هيئه خيوط رفيعه متسعه طوليا، وملتفة حول بعضها فى النواة، حيث يكون كل كروموسوم منقسم إلى كروماتيدتين وكلما تقدم هذا الدور ازداد انكماش الكروموسومات، حتى يظهر كل كروموسوم فى نهايه هذا الدور، كوحدتين أسطوانيتين متوازيتين متصلتين بسنترومير واحد، هما الكروماتيدتان chromatids

وفى نهاية هذا الدور يختفى الغشاء النووى والنوية تدريجيًا، وتبدأ الكروموسومات في ترتيب نفسها حول المحور الوسطي للخلية equatorial plane



شكل (٢-١): خطوات الانقسام الميتوزى (عن Rost وآخرين ١٩٨٤).

٢ – دور الوضع المتوسط Metaphase.

يبدأ ظهور المغزل spindle عند طرفي الخلية، ثم ترتب الكروموسومات نفسها على خيوط المغزل، ويكون اتصالها بالمغزل في مناطق السنتروميرات.

٣ – الدور الانفصالى Anaphase:

ينشق كل سنترومير طوليًا، وبعد ذلك .. تبدأ السنتروميرات الشقيقة في الابتعاد عن بعضها، كل ساحبًا معه كروماتيدته، ويؤدى ذلك إلى انفصال الكروماتيدتين الشقيقتين عن بعضهما، وذهاب كل كروماتيدة إلى القطب المضاد وتعرف كل كرماتيدة بعد ذلك باسم كروموسوم

٤ الدور النهائى Telophase

يبدأ الدور النهائي بمجرد وصول مجموعتى الكروماتيدات الصنوية الى قطبى لخلية، فتبدأ فى التغير من الحالة التى كانت عليها إلى حالة خيطية رفيعه طويلة، حتى يصعب تمييزها، ويتكون - فى أثناء ذلك - الغشاء النووى حول كل مجموعة من مجموعتى الكروموسومات، كما تبدأ النوية فى الظهور

يلى ذلك انقسام السيتوبلازم بتكون صفيحة وسطية cell plate، ويختفى المغزل، ثم تدخل الخلية فى الدور البينى interphase قبل الابتداء فى انقسام ميتوزى أخر

أما الدور البينى فإنه يتكون من مرحلة الانقطاع الأولى gap one phase (أو G_1) الذى يبدأ بعد انقسام الخليه مباشرة، وتقوم الخلايا خلاله بتمثيل مختلف الأحماض النووية الريبوزية (RNAs) اللازمة لتمثيل البروتين كما يتحدد – خلال هذه المرحلة – إذا كانت الخلية سوف تبقى ميرستيميه قادرة على الانقسام، أم تصبح من الخلايا الدائمة، فإذا احتفظت بقدرتها على الانقسام فإنها تدخل فى مرحلة التمثيل synthesis phase (أو S)، وفيها يضاعف الدنا DNA نفسه من مواد أولية، سبق تمثيلها خلال مرحلة الانقطاع الأولى وتلى ذلك مرحلة الانقطاع الثانية (G_2)، وفيها . يتم تمثيل بعض مكونات الخلية الضرورية لتكوين خيوط المغزل، وبانتهاء هذه المرحلة .. تدخل الخلية فى الانقسام الميتوزى من جديد يتضح مما تقدم أن لدور البينى ليس دور سكون – كما كان يعتقد – بل إن الخلية تكون فى أوج نشاطها، وتزداد فى الحجم، وتقوم بتمثيل كل احتياجاتها من المواد والمكونات اللازمة لبدء دورة جديدة من الانقسام

طرق التكاثر اللاجنسى

توجد ثلاث طرق للتكاثر اللاجنسى هى التكاثر الخضرى، والتكاثر اللاإخصابى، والتكاثر بمزارع الأنسجة والخلايا

١ التكاثر الخضرى

يعرف التكاثر الخضرى Vegetative Reproduction بأنه التكاثر بالأجزاء الخضرية للنبت، مثل التكاثر بالدرنات، والجذور، والريزومات، والأبصال، والعقل.

والتكاثر بالترقيد، والتطعيم، والتركيب ... إلخ ويؤدى الإكثار الخضرى المستمر لنبات واحد إلى إنتاج ما يسمى بالسلالة الخضرية clone

٢ – التكاثر اللاإخصابى:

يعرف التكاثر اللاإخصابى Apomictic Reproduction (أو Apromixis) بأنه التكاثر بالبذور التى تحتوى على أجنة لاإخصابية، لم تنشأ من إخصاب البويضة بحبة لقاح، وإنما نشأت من نمو إحدى الخلايا الأمية الثنائية المجموعة الكروموسومية مباشرة، إلى جنين تتشابه خلاياه – فى تركيبها الوراثى – تماما – مع النبات الذى نشأت منه. ويتكون – عادة – عدة أجنة لاإخصابيه فى البذرة الواحدة. ويؤدى الإكثار اللاإخصابى المستمر لنبات واحد إلى إنتاج ما يسمى بالسلالة اللاإخصابية Apomictic Line.

٣ – التكاثر بمزارع الأنسجة والخلايا:

تستعمل مزارع الأنسجة والخلايا Tissue and Cell Cultures فى بعض الحالات كوسيلة للإكثار اللاجنسى غير المحدود للتراكيب الوراثية المرغوب فيها من النباتات ومن أمثلة ذلك ما يلى:

(أ) مزارع القمة الميرستيمية:

تستعمل مزارع القمة الميرستيمية Meristem Culture فى إكثار أصناف عديدة من المحاصيل الزراعية، لإنتاج نباتات خالية من الفيرس. وتعد هذه الطريقة – فى جوهرها – إحدى طرق التكاثر الخضرى.

(ب) مزارع الإكثار الدقيق.

تستعمل مزارع الإكثار الدقيق micropropagation cultures فى الإكثار غير المحدود لأى تركيب وراثى مرغوب فيه، وكذلك فى الإكثار التجارى لأصناف عديد من المحاصيل الزراعية. وتعد هذه الطريقة – فى جوهرها – كسابقتها – إحدى طرق التكاثر الخضرى.

(جـ) مزارع الخلايا:

تستعمل مزارع الخلايا Cell Cultures – هى الأخرى – فى إكثار بعض النباتات،

حيث تعطى بعض الخلايا المفردة – بالمزرعة – أجنة لاجنسية Embryoids، وهى اجسام مكتمله التكوين تشبه الأجنة العادية، تنمو مباشرة إلى نباتات كامله (Swamy & Krishnamurthy ١٩٨٠) ويوجد بعض أوجه الشبه بين هذه الأجنة والأجنة المتكونة فى حالات التكاثر اللاإخصابى، إذ إن كليهما لاجنسى

أهمية التكاثر اللاجنسى

ترجع أهمية التكاثر اللاجنسى - بالنسبة للمربى - إلى ماله من مزايا أو عيوب، كما يلى

١ – يمكن - بواسطة التكاثر اللاجنسى عامة – المحافظة على أى تركيب وراثى، يتم التوصل إليه، وإكثاره فى الحال، وبصفة مستمرة، دون أن يحدث أى تغير فى تركيبه الوراثى

٢ – وفى المقابل فإن التكاثر اللاجنسى الإجبارى – (أى عندما يكون المحصول غير قادر على التكاثر الجنسى إطلاق كما فى الثوم، والموز، والعنب البناتى) – هذا التكاثر يقلل من فرصة ظهور تراكيب وراثية جديدة لتحسين المحصول

٣ – لاجدوى من الانتخاب بين النباتات الناتجة من التكاثر اللاجنسى لنبات ما، لأنها تكون - جميعا - متشابهة فى تركيبها الوراثى

٤ – كثيرا ما يلجأ المربى إلى الإكثار الخضرى كوسيلة لزيادة عدد النباتات من نفس التركيب الوراثى، قبل أن يلجأ إلى الإكثار الجنسى، حتى يحصل على أكبر قدر ممكن من الانعزالات الوراثية، حينما يبدأ إكثاره جنسيًّا، وتتبع طرق خاصة لتحقيق ذلك فى المحاصيل التى لا تتكاثر خضريًّا بصورة طبيعية

٥ – تفيد مزارع القمة الميرستيمية فى إنتاج نباتات خالية من الإصابات الفيروسية، فى حالة إصابة جميع نباتات إحدى السلالات الخضرية بمرض فيرسى، كما لا تنتقل كثير من الأمراض الفيروسية عن طريق الأجنة اللاإخصابية، ويفيد ذلك فى تجديد السلالات الخضرية التى تتدهور بفعل إصابتها بالأمراض الفيروسية

٦ – يكون التكاثر اللاإخصابى الاختيارى (وهى الحالة التى يتكون فيها جنين جنسى واحد مع الأجنة اللاإخصابية فى البذرة) عائقا أمام المربى إذا رغب فى

الحصول على البادرة الناتجة من الجنين الجنسي، ولم يتمكن من التميـيز بينـها وبـين البادرات الأخرى الناتجة من الأجنة اللاإخصابيه فى طور مبكر من النمو، يتعـين عليـه فى هذه الحالة الاستمرار فى زراعتها، إلى أن يمكنه التمييز بينـها. وقـد يسـتغرق ذلـك عدة سنوات

وفى المقابل فإن التكاثر اللاإخصابى يُستفاد منه حاليًـا – فـى الإكثـار البـذرى لأصناف الهجين من بعض المحاصيل، حيث يمكن للمزارع إكثـار الهجـن بذريًـا دون أن تحدث بها أية انعزالات وراثية، نظرا لاحتواء البذور المكثرة على أجنة لاإخصابية

حالات التكاثر اللاإخصابى

اشتقت كلمة التكـاثر اللاإخصـابى apomixis مـن كلمتـين لاتينيتـين تعنيـان "بـدون خلط" without mixing، وهو مصطلح عام لحالات التكاثر اللاجنسى التـى تتطلـب كـل أعضاء التكاثر الجنسى أو بعضها ونجد أن البذور اللاإخصابية تتكون فـى المبيـض كما فى النباتات الجنسـية التكاثر، إلاّ أن الجنين لا ينشأ من اتحاد جاميطة مؤننـة بـأخرى مذكرة

تعد كل حالات التكاثر اللاإخصابى Apomixis توالدًا بكريًـا Parthenogeusis ولكـن العكس ليس صحيحا؛ لأن التوالد البكرى يعنى أن النبات يعقد ثمـارا بذريـة، تحتـوى داخليا أى داخل البذور - على أجنـة بكريـة، تكونـت بنمـو أحـد أنويـة أو خلايـا المبيض مباشره، دونما حدوث تـزاوج بـين خليـه ذكريـة وأخـرى أنثويـة؛ فـإذا تكـون جنـين بنمـو نـواة البيضـة الأحاديـة مباشـرة فإنـه يـكون أحـادى المجموعـه الكروموسـوميه haploid، ويعطـى هـذا الجنـين – عنـد نمـوه نبـات يختلـف وراثيًـا ومظهريًّا عن النبات الأصلى الثنائى المجموعة الكروموسـومية diploid الـذى نشـأ منـه، ولذا لا يعد هذا الجنين لاإخصابيًا، على الرغـم مـن تقسـيم البعض لـه احيانـا - ضمن أنواع الأجنة اللاإخصابية أمـا إذا تكـون الجنـين بنمـو خليـة ثنائيـه مـن خلايـا المبيض مباشرة فإنه يكون ثنائى المجموعة الكروموسومية، ويعطى عند نمـوه نباتًـا يشـابه وراثيًا ومظهريًا مع النبات الأصلى الذى نشأ منه وهذا هو الجنين اللاإخصابى، أو الخضرى

ويرجع أهمية الأجنة الأحـــادية الى أنـه قـد يمكـن اسـتخدامها فـى الحصـول علـى سلالات ثنائية أصيلة، فى جميـع العوامـل الوراثيـه فـى وقـت قصـير نسـبياً (بمضاعفة كروموسوماتها بالمعاملة بالكولسيسين)، بدلاً من اللجوء إلى التربية الداخلية لعدة أجيال

ويجب التمييز بين ظاهرة التوالد البكرى التى سبق شرحها، وظـاهرة العقد البكـرى parthenocarpy التى تعنى تكوّن ثمار بكرية خالية من البذور seedless، كما هى الحال فى الجـوافه البناتى. والبرتقال أبو سره، والموز وتحتـوى مبـايض زهـور هـذه الفاكهـة على تركيزات عالية من الهرمونات الطبيعيه، التى تعمل علـى انقسام خلايا المبيض، وزيادة حجمه، مع بقاء الثمرة لحين نضجها وتمثل هـذه الظاهرة عائقاً أمام المربـى، الذى يرغب دائما فى الحصول على البذور المحتوية على الأجنة الجنسية، التـى تعد المصـدر الرئيسـى للتراكيب الوراثيـــة الجديـــدة، فإذا كـانت هـذه الظاهرة تحـدث بصورة طبيعيه فإن المربى يلجأ إلى طرق معينة فـى تربيـة المحصـول، لا تعتمـد علـى إجراء التهجينات أما إذا كانت هذه الظاهرة تحدث تحت ظروف خاصـة فإنـه يتعـين الاحتراس لأجل تجنب وقوعها، لأن تكون الثمر البكرية يعد عائقا للمربى وعلى سبيل المثال فإن إجراء التلقيحات فى القرعيات - فى أثناء فترة ارتفاع درجة الحرارة بعـد الظهر يؤدى أحيانا إلى عقد ثمار بكريـة، وبـذا يضيـع علـى المربـى موسـم زراعـى كامل، وربما لا يمكنه الاستفاده من تركيب وراثى مرغوب فيه قام باستحداثه

ومن المظاهر الأخرى للثمار اللابذرية تلك التى تحتوى علـى أجنـة ضـامرة aborted embryos لم يكتمل نموها ويلزم لتكوين هذه الثمار حدوث عمليتى التلقيح والإخصاب، اللتين يعقبهما بدء انقسام اللاقحة لتكوين الجنين، الذى يموت فـى مراحـل مبكـرة من تطوره، بينما تستمر الثمرة ذاتها - فى نموها لحين نضجها، حيـث نُشـاهد داخلـها بذور ضامرة، كما فى صنف العنب اللابذرى طومسـون سـيدلس Thompson Seedless وقد يضمر الجنين – فى حالات أخرى – نتيجة لفشل الإندوسبرم فى إمداده بحاجتـه من الغذاء، خاصة فى المراحل الأولى مـن نمـوه، أو نتيجـة لعـدم وجـود أى توافـق بـين الهيئـه الكروموسوميه للجاميطـة المذكـرة، وتلـك الخاصـه بالجاميطـات المؤنثـه فـى الزيجوت، وتعرف هذه الظاهرة باسم Somatoplastic Sterility، وهى تحدث فى بعض الهجن الجنسية (بين أجناس مختلفة)، والنوعية (بين أنواع مختلفة) مثل الهجين بـين الطماطم *Lycopersicon esculentum* كأم، والنوع البرى *L. peruvianum* كأب

أما الأجنة اللاإخصابية فإنها تتكون – كما سبق بيانه – نتيجة لنمو خلية أمية ثنائية إلى جنين مباشرة، تكون جميع خلاياه ثنائية، ومماثلة فى تركيبها للنبات الذى نشأت منه

تقسيم حالات التكاثر اللاإخصابى

يتوسع البعض فى تقسيم حالات التكاثر اللاإخصابى لتشمل – كذلك – حالات الأجنة الأحادية والأجنة الخضرية، حيث يقسم التكاثر اللاإخصابى – تبعًا للخلية التى يبدأ منها تكوين الجنين – إلى الحالات التالية:

أولا. الأجاموسبرمى Agamospermy

على الرغم من أن أعضاء الزهرة الجنسية تلعب دورًا فى هذا النوع من التكاثر اللاإخصابى، فإن البذور تتكون لاجنسيًا، وينقسم هذا النوع إلى ثلاثة تحت أنواع، كما يلى:

١ – تكاثر لاإخصابى جاميطى Gametophytic apomixis:

ينشأ الجنين فى هذه الحالة من خلية جنسية ثنائية، ويعرف منه نوعان:

أ – التكوين اللابوغى (أبو سبورى) Apospory

يتكون الجنين اللاإخصابى وإندوسبرم البذرة فى هذه الحالة فى كيس جنينى، ينشأ من خلية جسمية ثنائية المجموعة الصبغية، غير الخلية الوالدة للجرثومة الكبيرة megaspore mother cell (أو الخلية الوالدة للكيس الجنينى)، مثل إحدى خلايا الأغلفة البويضية integuments، أو النيوسيلة nucellus. وبينما تدخل هذه الخلية فى عمليات انقسام ميتوزية لتكوين الجنين والإندوسبرم .. فإن الخلية الوالدة للجرثومة الكبيرة تبدأ هى الأخرى فى الانقسام الميوزى الطبيعى، إلا أن الكيس الجنينى الذى ينشأ منها .. يضمحل فى بداية مراحل تكوينه ويتميز الكيس الجنينى المتكون فى هذه الحالة باختفاء الخلايا السمتية. ويعد هذا النوع من الأجنة أكثر التكوينات اللاإخصابية انتشارًا فى المملكة النباتية كما فى buffelgrass، و Kentuckey bluegrass.

وقد اكتشف فى الكاسافا ظاهرة التكاثر الاإخصابى من النوع الأبوسبورى فى أحد الأنواع البرية القريبة التى انتقلت منها الصفة إلى الجيل الأول الهجين بينها وبين الكاسافا وظهرت فيه، الأمر الذى يعنى إمكان إنتاج أصناف تجارية من الكاسافا

لاإخصابية يمكن فيها تثبيت قوة الهجين والاستغناء عن عملية التكاثر الخضرى المكلفة والتي ينتقل عن طريقها عديدا من الفيروسات (Nassar وآخرون ١٩٩٨)

ب - التكوين الديبلوسبورى Diplospory

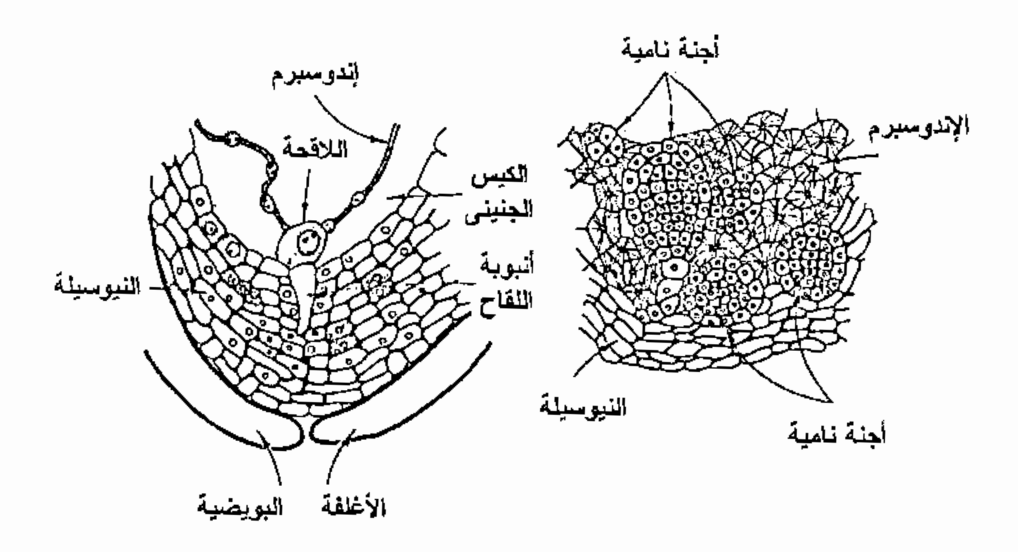
يتكون الجنين اللاإخصابى وإندوسبرم البذرة فى هذه الحالة فى كيس جنينى ينشأ من الخلية الوالدة للجرثومة الكبيرة، دون أن تدخل نواتها فى عملية الانقسام الاختزالى، بل تنقسم ميتوزيًا مباشرة، ويزداد حجمها إلى أن تشغل الفراغ الذى كان مفروض أن يشغله الكيس الجنينى الطبيعى. يوجد هذا النوع من التكاثر اللاإخصابى فى عدة أجناس من الأعشاب النجيلية المعمرة، مثل *Tripsacum*

٢ - الأجنة العرضية Adventitious Embryony

لا يتكون كيس جنينى عندما تكون بذور تحتوى على أجنة عرضية، بل تنمو خلية جسمية ثنائية من البويضة ovule أو الأغلفة البويضية integuments، أو جدار المبيض ovary wall ذاته، وتنقسم ميتوزيًا لتكوّن جنينًا. ويفترض أن إندوسبرم البذور ينشأ فى هذه الحالة من الأنوية القطبية لكيس جنينى طبيعى، يتكون مستقلا فى البويضة. وتكثر الأجنة العرضية فى بذور بعض أنواع الموالح، وبعض أصناف المانجو، وتعرف هذه الظاهرة باسم ظاهرة تعدد الأجنة Polyembryony.

تنتشر ظاهرة تعدد الاجنة فى المملكة النباتية حيث تتكون عدة أجنة فى البذرة الواحدة فى ٢٣٩ نوعا نباتيًا تنتمى إلى ١٣٨ جنسا، و ٥٩ عائلة.

تنشأ الأجنة اللاإخصابية العرضية فى الموالح من نسيج النيوسيلة، لذا فإنها تسمى أيضا أجنة نيوسيلية nucellar embryos (شكل ٢-٢). وتحمل البذرة الواحدة من ٣-١٢ جنينا، منها عدة أجنة لاإخصابية، إلى جانب الجنين الجنسى. وفى الحالة التى تعرف بالتكاثر اللاإخصابى الاختيارى Facultative Apomixis، إلا أن بعضها قد يحمل أجنة لاإخصابية فقط. والبعض الآخر يحمل الجنين الجنسى فقط. ويلاحظ - دائما -- أن البادرات الناتجة من الأجنة اللاإخصابية تكون أقوى نموًا من البادرات الناتجة من الجنين الجنسى. وتعرف الحالة التى تحمل فيها بذور النوع أو الصنف أجنة لاإخصابية فقط بالتكاثر اللاإخصابى الإجبارى Obligate Apomixis



شكل (٢-٢): تكوين الأجنة العرضية النيوسيلية فى المـــوالح (عـــن Hartmann & Kester ١٩٨٣).

وتشاهد ظاهرة كثرة عدد البادرات التى تنمو من البذرة الواحدة فى بعض أصناف المانجو التى توجد بها ظاهرة تعدد الأجنة العرضية النيوسيلية مثلما فى الموالح.

وتقسم أصناف المانجو حسب عدد الأجنة التى توجد فى بذورها إلى قسمين كما يلى:

- أصناف لا يوجد فى بذورها سوى الجنين الجنسى، مثل ألفونس، وبايرى، ومبروكة، ودبشة.

- أصناف تحتوى بذورها على جنين جنسى وأجنة لاإخصابية، وتعطى عند إنباتها من ١-١١ بادرة، غالبًا ما تكون جميعها خضرية، نظرًا لضمور الجنين الجنسى، كما فى الأصناف هندى بسنارة، وتيمور، وقلب الثور، ولونج

وتعد أصناف المانجو عديدة الأجنة أكثر إنتاجية عن نظيراتها وحيدة الأجنة، وربما كان ذلك بسبب التحفيز الأقوى للنمو بواسطة الأجنة الخضرية فى الثمار متعددة الأجنة (عن Aron وآخرين ١٩٩٨)

وتستعمل النباتات عديده الأجنة بكثرة كأصول جذرية، كما فى المانجو وبعض الأنواع الأخرى

ويعد التلقيح ضروريًا فى معظم الحالات، لتكوين البذور المحتويه على أجنة لاإخصابيه، بالرغم من أن النواة الذكرية لا تتحد مع نواة البيضة لتكوين الزيجوت ويقتصر دور حبوب اللقاح فى هذه الحالات على التحفيز stimulation، حيث يبدو أنه تشجع نمو الجنين والكيس الجنينى، كما أنها قد تخصب النواتين القطبيتين لتكوين نواة الإندوسبرم وتعرف هذه الظاهرة باسم التكاثر الجاميطى الكاذب Pseudogamy، وهى شائعة فى عدة أنواع نباتية هامة، مثل الموالح، والتفاح، والراسبرى، والـ guayule (جنس *Parthenium*)، وبعض أنواع الأعشاب النجيلية الزرقاء من جنس *Poa*، ولكن التلقيح ربما لا يكون ضروريًا لتكوين الأجنه اللاإخصابية، سواء أكانت عرضية كما فى جنس *Opuntia*، أم غير عرضية كما فى بعض أنواع الأجناس *Crepis*، و *Taraxacum*، و *Poa*، و *Allium*

وتشكل ظاهرة التكاثر اللاإخصابى الإجبارى مشكله كبيره جدًا للمربى حينما يرغب فى إجراء تهجينات جنسية للحصول على انعزالات وراثيه جديدة

٣ تكاثر لاإخصابى غير متكرر Non-recurrent apomixis

يعطى الانقسام الاختزالى العادى – فى هذه الحالة – خلايا أحادية تتطور مباشره – إلى أجنة أحادية.

وقد سبقت الإشارة إلى أن الأجنة الأحادية المجموعة الكروموسومية لا تعد أجنه لاإخصابيه (خضرية)، لأنها تعطى بادرات تختلف وراثيًا ومظهريًا عن النبات الذى نشأت منه، إلا أن بعض المؤلفين (خاصة من غير مربى النبات) يميلون إلى تصنيفها ضمن حالات التكاثر اللاإخصابى Apomixis

وتقسم الأجنة الأحادية حسب نشأتها إلى الحالات التالية:

أ - التوالد البكرى Parthenogensis

إن التوالد البكرى هو تكوين جنين أحادى من خلية البيضة داخل كيس جنينى جنسى تحدث هذه الظاهره بصورة اعتباطية فى بعض الأنواع النباتية، إلا أنها تعرف

– أيضًا – كصفة وراثية في سلالات معينة من أنواع أخرى، مثلما يكون في *Solanum nigrum*

ب التكوين اللاجاميطى الأحادى Haploid Apogamy

تتكون الأجنة الأحادية في هذه الحالة بنمو أحد الأنوية الأحادية – غير خلية البيضة – داخل كيس جنيني جنسي. حيث قد ينشأ الجنين من أحد الأنوية المساعدة synergids أو الأنوية السمتية antipodal nuclei.

جـ التكوين الذكرى المنشأ (أندروجنسس) Androgensis

يتكون جنين البذرة الأحادى في هذه الحالة بنمو النواة التناسلية، التي توجد في حبة اللقاح بعد دخولها الكيس الجنيني. وتحدث هذه الظاهرة – اعتباطًا – في بعض الأنواع، إلا أنها تعرف أيضًا – كصفة وراثية – في بعض سلالات الذرة، وتوصف هذه الظاهرة بأنها androgensis *sensu stricto*.

د – التكوين الأحادى الجاميطى المختلط (سيميجامى) Semigamy.

تحدث ظاهرة السيميجامى حينما تصل النواة التناسلية التي توجد بحبة اللقاح إلى الكيس الجنيني. وتخترق خلية البيضة، إلا أنها لا تخصب نواة البيضة؛ لتكوين زيجوت ثنائي، بل تنقسم كل منهما مستقلة عن الأخرى؛ ليكوّنا جنينًا أحاديًا، يعطى عند نموه نباتًا أحاديًا، تكون بعض أنسجته أمية المنشأ، وبعضها الآخر أبوية المنشأ، وقد وجدت هذه الظاهرة في قطن بيما Pima

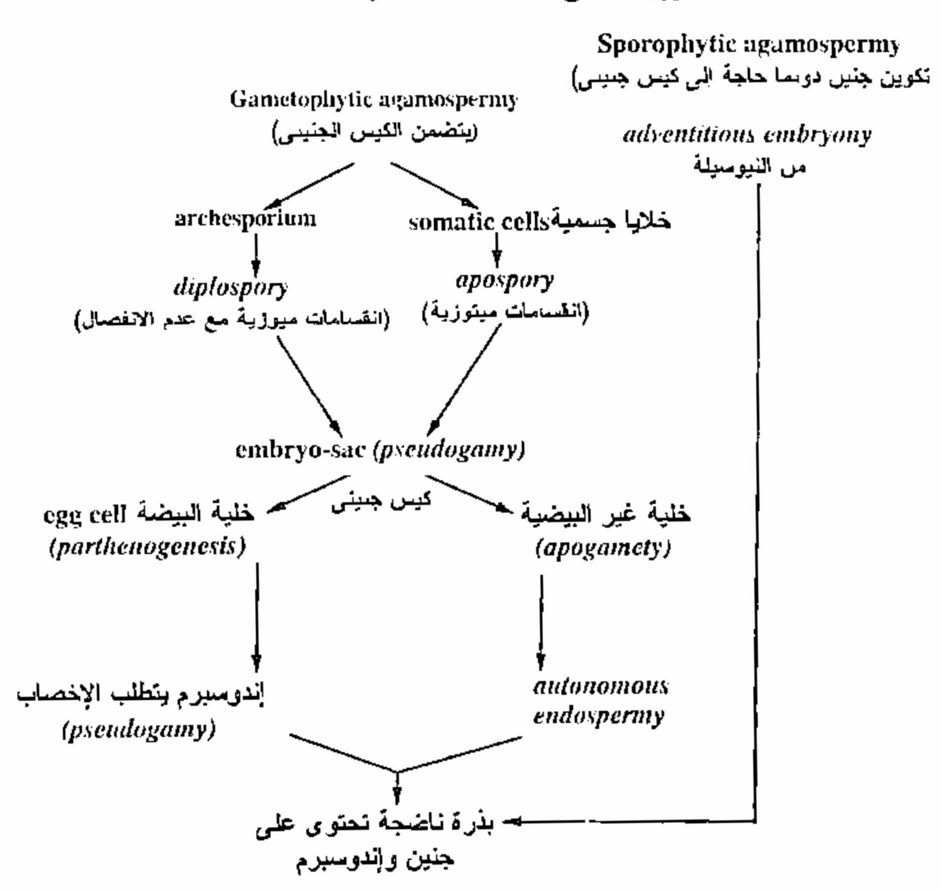
ثانيا التكاثر اللاإخصابي الخضرى

يعد التكاثر اللاإخصابي الخضرى Vegetative Apomixis (أو Vivipary) حالة خاصة، تجمع ما بين نوعي التكاثر اللاجنسي؛ حيث يتكون في النورات – مكان الأزهار - براعم عرضية يطلق عليها اسم بلابل bulblis يحدث ذلك - بصورة طبيعية – في بعض النباتات مثل الثوم (*Allium sativum*)، والنوع *Allium bulbosa*، وبعض أنواع الجنس *Agave*، وتتشابه هذه البراعم في حالة الثوم مع الفصوص العادية التي توجد في البصلة، إلا أنها تكون أصغر حجمًا، وتعطى عند إنباتها نباتات مماثلة وراثيًا ومورفولوجيًا للنبات الذى نشأت منه. ولا تعد هذه الطريقة تكاثرا لاإخصابيًا حقيقيًا؛ لأن الأجزاء المستعملة في التكاثر ليست بذورًا، ولا تحتوى على أجنة، وإنما

هي براعم عرضية، تكونت مكان البذور (Nygren ١٩٥٤، و Chaudhari ١٩٧١، و Sneep & Hendriksen ١٩٧٩، و Hartman & Kester ١٩٨٣، و Fehr ١٩٨٧، و Agrawal ١٩٩٨).

هذا وبيين شكل (٢-٣) كيفية نشأة مختلف حالات التكاثر اللاإخصابي. كما يلخص جدول (٢-١) تلك الحالات ومستوى التضاعف في كل منها، بينما يوضح جدول (٢-٢) مدى انتشار حالات التكاثر اللاإخصابي في مختلف الأنواع والأجناس النباتية.

هذا وتنتشر ظاهرة التكاثر اللاإخصابي أساسا في الأنواع المتضاعفة، على الرغم من أن التضاعف ليس ضروريًا – في حد ذاته – لحدوث الظاهرة.



شكل (٢-٣) كيفية نشأة مختلف حالات التكاثر اللاإخصابي (عن Liedl & Anderson ١٩٩٣)

تأثير العوامل البيئية على خاصية التكاثر اللاإخصابى

تؤثر لعوامل البيئية على نسبة البذور الجنسية إلى البذور اللاإخصابية. ولذلك أهميته للمربى فى أمرين.

١ - يسمح ذلك بزيادة فرصة التكاثر الجنسى، بكل ما يعنية ذلك من زيادة فرصة التباينات الوراثية التى يمكن تثبيتها بعد ذلك بالتكاثر اللاإخصابى

٢ - قد يؤدى ذلك إلى نتائج لا يحمد عقابها عندما يكثر الصنف - الذى يفترض أنه يتكاثر لاإخصابيًا فى الظروف البيئية التى أنتج فيها - عندما تكثر بذوره فى بيئة أخرى يحفز التكاثر الجنسى (عن Agrawal ١٩٩٨).

جدول (٢-١) نمو الأنابيب اللقاحية من عدمه، والخلية التى ينشأ منها الجنين، ومستوى التضاعف فى الخلايا الجسمية للأفراد الناتجة فى الحالات المختلفة للتكاثر اللاإخصابى (عن Liedl & Anderson ١٩٩٣).

نوع التكاثر اللاإخصابى	نمو الأنابيب اللقاحية	الخلية التى ينشأ منها الجنين	مستوى تضاعف الخلايا الجسمية
Non Recurrent			
Androgenesis	+	حبة اللقاح	n
Gynogenesis	+	البيضة	n
Haploid parthenogensis	-	البيضة	n
Haploid apogamy	-	الخلايا المساعدة أو الأنوية القطبية	n
Recurrent			
Diplospory	+	خلية البويضة الأمية	2n
Apospory			
Diploid pseudogamety	+	البيضة	2n
Diploid parthenogensis	-	البيضة	2n
Apogamety	-	أى خلية غير البيضة	2n
Adventive Embryony	-	النيوسلة أو نسيج الأغلفة	2n
Vegetative Apomixis	-	vivipary	2n

وراثة ظاهرة التكاثر اللاإخصابى

يورث التكاثر اللاإخصابى - غالبًا - كصفة بسيطة يتحكم فيها عامل وراثى واحد، أو عدد قليل منها، وقد تكون سائدة أو متنحية (عن Hanna ١٩٩٥)

جدول (٢ - ٢) أنواع الـ apomixis المنتشرة في مغطاة البذور (عن Liedl & Anderson ١٩٩٣)

Adventitious Embryony	Diplospory	Somatic Apospory	Vegetative Apomixis	Genus	Family
			+	*Agave*	Amaryllidaceae
	+			*Zephyranthes*	
+				*Mangifera*	Anacardiaceae
+				*Pothos*	Araceae
	+			*Antennaria*	Asteraceae
	+	+		*Artemisia*	
		+		*Centaurea*	
		+		*Coreopsis*	
		+		*Crepis*	
	+			*Erigeron*	
	+	+		*Parthenium*	
	+			*Rudbeckia*	
+	+			*Alnus*	Betulaceae
+				*Sarcococca*	Buxaceae
+				*Opuntia*	Cactaceae
+	+			*Calycanthus*	Calycanthaceae
+				*Celastrus*	Celastraceae
+				*Euonymus*	
+				*Euphorbia*	Euphorbiaceae
+	+		+	*Allium*	Liliaceae
+				*Hosta*	
			+	*Lilium*	
+				*Nigritella*	Orchidaceae
+				*Spiranthes*	
			+	*Agrostis*	Poaceae
			+	*Festuca*	
	+		+	*Poa*	
			+	*Polygonum*	Polygonaceae
		+		*Ranunculus*	Ranunculaceae
		+		*Malus*	Rosaceae
		+		*Rubus*	
	+	+		*Potentilla*	
+				*Citrus*	Rutaceae

وقد أوضحت دراسات Aron وآخرون (١٩٩٨) أن ظاهرة تعدد الأجنة polyembryony فى المانجو صفة وراثية بسيطة (يتحكم فيها جين واحد) وسائدة

إن التكاثر اللاإخصابى المثالى للاستعمال فى برامج التربية هو الذى يتحكم فيه جين واحد أو جينات سائدة، والذى يكون نابتًا فى الظروف البيئية المتباينة، والذى يكون إجباريًا

ولسوء الحظ فإن الجينات المسئولة عن التكاثر اللاإخصابى لم تكتشف فى معظم المحاصيل الرئيسية المزروعة، إلاّ إنه قد يمكن العثور عليها فى الأنواع أو الأجناس البرية القريبة منها

استخدامات ظاهرة التكاثر اللاإخصابى فى برامج التربية

نجد فى حالات التكاثر اللاإخصابى الاختيارى أنه يمكن اتباع طرق التربية ذاتها التى تتبع مع التكاثر الاإخصابى الإجبارى، لكن مع ضرورة إجراء مزيدا من اختبارات النسل للتأكد من ثبات الصفة فى مختلف التراكيب الوراثية اللاإخصابية التكاثر.

إن من أهم مزايا التكاثر الإخصابى بالنسبة للمربى هو إمكان المحافظة على قوة الهجين بالتكاثر البذرى جيلا بعد جيل دون أن تحدث أى انعزالات أو يحدث أى تدهور وراثى

يعد التكاثر اللاإخصابى البسيط السائد الأسهل استعمالاً فى برامج التربية لأن كل النباتات اللاإخصابية التكاثر سوف تكون خليطة فى تلك الصفة؛ بما يعنى أن التهجينات جنسى × لاإخصابى سوف تعطى نسل جيل أول هجين جنسى ولا إخصابى التكاثر بنسبة ١ : ١، ويمكن استبعاد أفراد الجيل الأول الجنسية التكاثر أو استعمالها فى التهجين مع نباتات أخرى لاإخصابية التكاثر لإنتاج هجن أخرى لاإخصابية وجنسية تظهر فيها انعزالات وراثية جديدة. ومع تهجين النباتات الجنسية التكاثر الأفضل مع النباتات اللاإخصابية التكاثر الأفضل فى كل جيل تزداد فرصة ظهور هجن متميزة لاإخصابية التكاثر جيلاً بعد جيل. هذا مع العلم بأن أى نبات جيل أول هجين لاإخصابى التكاثر يمكن انتخابه وإكثاره وتقييمه واستعماله كصنف جديد

أما عندما تكون صفه التكاثر اللاإخصابي بسيطة ومتنحيه فإن كل النباتات الجنسية تكاثر تكون خليطة في تلك الصفة، بينما تكون النباتات اللاإخصابية أصيلة. وعند التهجين بين الطرازين يتعين تلقيح كل نبات جيل أول ذاتيًا، مما يعنى حدوث فقد في قوة الهجين، مع توقع انعزال الجين المتنحى المسئول عن ظاهرة التكاثر اللاإخصابي بحالة أصيلة في ٢٥٪ من نباتات الجيل الثاني، وفي المقابل فإنه قد تظهر بين النباتات اللاإخصابية التكاثر أفرادا تحدث فيها ظاهرة الانعزال الفائق الحدود transgressive segregation في صفات مرغوب فيها، مما قد يجعلها أفضل من نباتات الجيل الأول وكما في حاله السيادة. فإن النباتات اللاإخصابية التكاثر المتميزه يمكن انتخابها وإكثارها وتقييمها واستعمالها كصنف جديد

ويمكن الانتخاب لقوة الهجين في الجيل الأول - عندما تكون صفة التكاثر اللاإخصابي بسيطة ومتنحية وذلك بإجراء التهجينات بين نباتات جنسية التكاثر خليطة في الصفة، حيث يتوقع أن تكون ٢٥٪ من نباتات الجيل الأول أصيله متنحيه في صفة التكاثر اللاإخصابي وفي المقابل فإن الانتخاب يجرى على ٢٥ / فقط من النباتات، مما يقلل من فرصة العثور على تراكيب وراثية متميزة

ويعد تلقيح أمهات جنسية التكاثر خليطة في جين التكاثر اللاإخصابي المتنحى بحبوب لقاح نباتات لاإخصبية التكاثر أصيلة هي أفضل الطرق لزيادة احتمالات العثور على تراكيب وراثية لاإخصابية التكاثر مرغوب فيها، حيث ينتج عن ذلك التلقيح نباتات جيل أول هجين جنسية ولاإخصابية التكاثر بنسبة ١ : ١ (عن Hanna ١٩٩٥)

مزايا التكاثر اللاإخصابي

إن من أهم مزايا التكاثر اللاإخصابي، ما يلى

١ – نجد في برامج التربية لإنتاج الهجن التجارية التي يستفاد فيها من ظاهرة العقم الذكرى أن ظاهرة التكاثر اللاإخصابي تلغى الحاجة إلى كل من الـ A-lines والمحافظة عليها، وإلى نظام العقم الذكرى الوراثي السيتوبلازمي، والـ B-lines (وهي السلالات الخصبة ذكريا التي تستخدم في إكثار الـ A-lines)، والـ R-lines (والأخيرة

هى restorer lines التى تلزم لاستعادة الخصوبة فى الـ A-lines) ويتطلب إنتاج وإكثار هذه السلالات (A، و B، و R) وقتًا، وجهدًا ومساحات كبيرة لتوفير العزل المناسب لها كما أن استعمال الـ A-lines سريعًا ما يؤدى إلى تضييق القاعدة الوراثية النووية والسيتوبلازمية فى الهجن المنتجة، ويحدث ذلك أيضا بفعل الـ R-lines هذا بينما نجد أن المتطلب الوحيد اللازم لإنتاج هجين لاإخصابى هو توفر أم لديها بعض القدرة على التكاثر الجنسى وتكون متوافقة مع أب لاإخصابى التكاثر يستعمل كمصدر لحبوب اللقاح ونجد فى الأنواع ذات التكاثر اللاإخصابى أن توفر الأم التى يمكن أن تتكاثر جنسيًا هو العامل المحدد، وعندما ينقل جين (أو جينات) التكاثر اللاإخصابى إلى نوع جنسى التكاثر، فإن كل جيرمبلازم هذا النوع تصلح كأمهات لإنتاج هجن تجارية

٢ – يثبت التركيب الوراثى لأى هجين لاإخصابى التكاثر فى صورة جيل أول، كما أن كل تركيب وراثى لاإخصابى هجين يمكن أن يصبح صنفًا جديدًا. ولا تفقد قوة الهجن باستمرار التكاثر اللاإخصابى على غير الحال فى التكاثر الجنسى.

٣ – للتكاثر بالبذور الحقيقية التى تحتوى على أجنة لاإخصابية مزايا كثيرة مقارنة بطرق التكاثر الخضرى الأخرى، منها الحد من انتشار الأمراض، وخفض تكلفة التخزين، والشحن، والزراعة، نظرًا لعدم الاعتماد على الأجزاء الخضرية – مثل الدرنات والجذور والأبصال . . إلخ – فى الزراعة.

٤ – تمكن ظاهرة التكاثر اللاإخصابى مربى النبات من هندسة النباتات، حيث تسمح بإنتاج تراكيب وراثية ذات صفات معينة، مثل الجودة، والاستجابة للمعاملات الزراعية، وموعد النضج مع ثبات ظهور الصفات من سنة لأخرى؛ كما يمكن خلط مجموعة من التراكيب الوراثية معًا فى توافيق مختلفة لتحقيق التباينات الوراثية التى تحقق أهدافا خاصة.

٥ – تحقق الأصناف التى تتكاثر لاإخصابيًا طفرة جديدة فى طريقة إنتاج التقاوى وتسويقها .. هى بالتأكيد فى صالح المزارعين (عن Hanna ١٩٩٥).

التكاثر الجنسى

يعنى بالتكاثر الجنسى Sexual Reproduction: التكاثر بالبذور التى تحتوى على أجنة نشأت بطريقة جنسية ويسبق تكوين الجنين الجنسى خطوات، تعد غاية فى

الأهمية بالنسبة للمربي، فيحدث – أولاً – الانقسام الاختزالي في كل من متوك ومبايض الأزهار، وما يتبع ذلك من تكوين حبوب اللقاح، وأنوية الكيس الجنيني الأحادية وتحدث – أثناء الانقسام الاختزالي – عمليات الارتباط والعبور، وانعزال الكروموسومات والعوامل الوراثية. ويلي ذلك عمليتا التلقيح والإخصاب المزدوج، التي تنتهي بتكوين جنين، يكون مختلفا وراثيًا عن أبويه في حالات التلقيح الخلطي. وتعد هذه الانعزالات الوراثية المصدر الرئيسي للاختلافات التي يحتاج إليها المربي لتربية النباتات وتحسينها كما أن لطريقة التلقيح السائدة في محصول ما دورًا كبيرا في تحديد أنسب الطرق لتربيته، وكيفية تداوله أثناء برنامج التربية

الانقسام الاختزالي (الميوزي)

يعد الانقسام الميوزي Meiosis (أو Meiotic Division) عماد عملية التكاثر الجنسي، ويعد الإلمام بخطواته ضروريًا لتفهم كثير من الأمور التي تبنى عليها قواعد توارث الصفات، وقواعد تربية النباتات

ويتضمن الانقسام الميوزي (شكل ٢-٤) انقسامين، أولهما .. اختزالي، وينتج منه خليتان، تحتوي كل منهما على نصف عدد الكروموسومات، وثانيهما ميتوزي، يؤدي إلى مضاعفة عدد الخلايا الناتجة من الانقسام الأول، دون أن يؤثر في عدد الكروموسومات بها وفيما يلي تفاصيل عملية الانقسام الميوزي (عن طنطاوي وحامد ١٩٦٣)

١ – الانقسام الميوزي الأول.

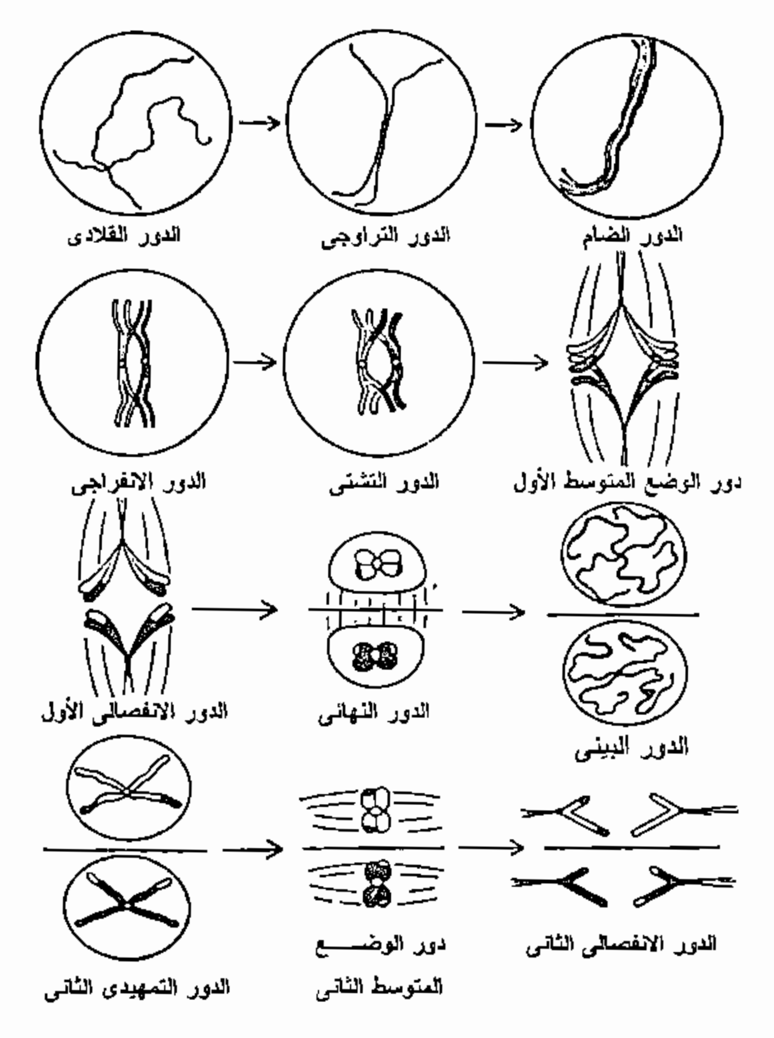
أ الدور التمهيدي الأول First Prophase

(١) الدور القلادي Leptotene

تظهر الكروموسومات على هيئة خيوط رفيعة جدًا، غير منشقة طوليًا، وموزعة في النواة بدون أي نظام

(٢) الدور التزاوجي Zygotene

يقترب كل كروموسومين متماثلين من بعضهما حتى يصبحا زوجا واحدا، وتعرف هذه الظاهرة بالاقتران synapsis.



شكل (٢-٤): خطوات الانقسام الميوزى (عن **Briggs & Knowles** ١٩٦٧).

(٣) الدور الضام Pachytene:

تلتف أزواج الكروموسومات المقترنة حول بعضها وتعرف كل وحدة ثنائية الكروموسوم باسم bivalent، ويكون عددها مساويًا للعدد الأحادى من الكروموسومات. ويزداد قصر الكروموسومات، كما تزداد فى السمك. وفى منتصف هذا الدور .. ينشق كل كروموسوم طوليًا، فيما عدا فى منطقة السنترومير، وبذلك . تصبح كل وحدة ثنائية الكروموسوم مكونة من أربع كروماتيدات، كل اثنتين متصلتين بسنترومير واحد

وتعرف الكروماتيدات المتصلة بسنترومير واحد بالكروماتيدات الشقيقة sister chromatids. كما تعرف الكروماتيدات غير المتصلة بسنترومير واحد في الوحدة الرباعية الكروماتيدات باسم الكروماتيدات غير الشقيقة.

يحدث – بعد الانشقاق الطولى للكروموسوم – أن تتبادل أجزاء متساوية بين كروماتيدتين غير شقيقتين فى الوحدة الثنائية الكروموسوم؛ نتيجة لحدوث كسر فى كروماتيدتين غير شقيقتين فى نفس المستوى، ثم حدوث التئام متبادل، وهى الظاهرة التى تعرف باسم crossing-over

(٤) الدور الانفراجى Diplotene:

يتنافر الكروموسومان المتماثلان فى الوحدة الثنائية الكروموسوم عن بعضهما، فيما عدا فى أماكن حدوث العبور، التى تعرف باسم كيازمات Chiasmata (المفرد كيازمة chiasma)، وتنفرج الكروموسومات بين الكيازمات مع نهاية هذا الدور. كما تتحرك الكيازمات نحو أطراف الكروموسومات، وهى الحركة التى تعرف باسم الانزلاق teminalization

(٥) الدور التشتتى Diakinesis

تظهر الوحدات الثنائية الكروموسوم أقصر وأسمك، ومنتشرة فى السائل النووى، ويؤدى استمرار ظاهرة الانزلاق إلى أن تبدو الكيازمات طرفية.

ب – دور الوضع المتوسط الأول First Metaphase

يتحلل الغشاء النووى والنوية، ويختفيان، وتتحرك الوحدات الثنائية الكروموسوم نحو المحور الوسطى للخلية، بحيث يكون سنترومير كل وحدة ثنائية الكروموسوم عموديين على المحور الوسطى

جـ – الدور الانفصالى الأول First Anaphase.

تنفصل كل كروماتيدتين شقيقتين عن الكروماتيدتين الأخريين فى الوحدة الثنائية الكروموسوم، وتتجه السنتروميرات نحو القطبين المتضادين. وتعرف كل كروماتيدتين متصلتين بسنترومير واحد باسم وحدة ثنائية الكروموسوم dyad. ويؤدى ذلك إلى اختزال عدد الكروموسومات – فى كل قطب – إلى العدد الأحادى

د – الدور النهائى الأول First Telophase:

بعد وصول الوحدات الثنائية الكروموسوم إلى قطبى الخلية . تبدأ الكروموسومات فى فقدان الشكل الذى كانت عليه، حيث يفرد الحلزون جزئيًّا، وتلتف الخيوط الكروموسومية، وتظهر النوية والغشاء النووى.

هـ – الدور البينى Interphase

تتحول الكروموسومات إلى الشكل المعروف فى السكون الكروموسومى. وفى ذوات الفلقة الواحدة . تنقسم الخلية إلى خليتين ملتصقتين ببعضهما، ولكن ربما لا يحدث الانقسام السيتوبلازمى، مع بقاء النواتين الجديدتين فى قطبى الخلية

٢ – الانقسام الميوزى الثانى

أ الدور التمهيدى الثانى Second Prophase:

تظهر الوحدات الثنائية الكروماتيدة طويلة نوعًا، لكنها تنكمش تدريجيًا، ويظهر تنافر واضح بين كروماتيدتى كل وحدة. ثم تختفى النوية والغشاء النووى.

ب – دور الوضع المتوسط الثانى Second Metaphase:

يظهر المغزل، وتترتب الوحدات الثنائية الكروماتيدة فى المستوى الوسطى للمغزل وفى نهاية هذا الدور .. ينشق السنترومير – أيضًا – طوليًّا فى الوحدات الثنائية الكروماتيدة.

جـ – الدور الانفصالى الثانى Second Anaphase:

تنفصل كروماتيدتا كل وحدة ثنائية الكروماتيدة، ويتجه كل سنترومير إلى القطب المضاد، ساحبًا معه كروماتيدة واحدة، تصبح بعد ذلك كروموسومًا؛ وبذلك يتم توزيع الكروماتيدات الأربع التى كانت موجودة فى الوحدة الثنائية الكروموسوم على أربع نوايا.

د – الدور النهائى الثانى Second Telophase.

تفقد الكروموسومات الخاصية التى كانت لها فى الدور السابق، ويظهر الغشاء النووى والنوية، وبذلك .. تتكون أربع نوايا جديدة، لكل منها العدد الأحادى من الكروموسومات

وبحدث بعد ذلك الانقسام السيتوبلازمى، وتتكون أربع خلايا وتعرف هذه بحالة التى نكون فيها الخلايا الأربع متصلة ببعضها – باسم الحاله الرباعية quartet، وتعرف كل خلية بأنها بوغه spore

الزهرة

تعد الزهرة - بحق مصنع المربى. الذى يوجه إنتاجه نحو الغاية التى ينشدها من برنامج التربية، ويحصل منه على الجيرمبلازم الذى يلزمه فى مراحل تحسين المحصول كلها. لذا يعد الإلمام بتركيب الزهرة أمرًا ضروريًا للمربى، لكى يحسن تداولها

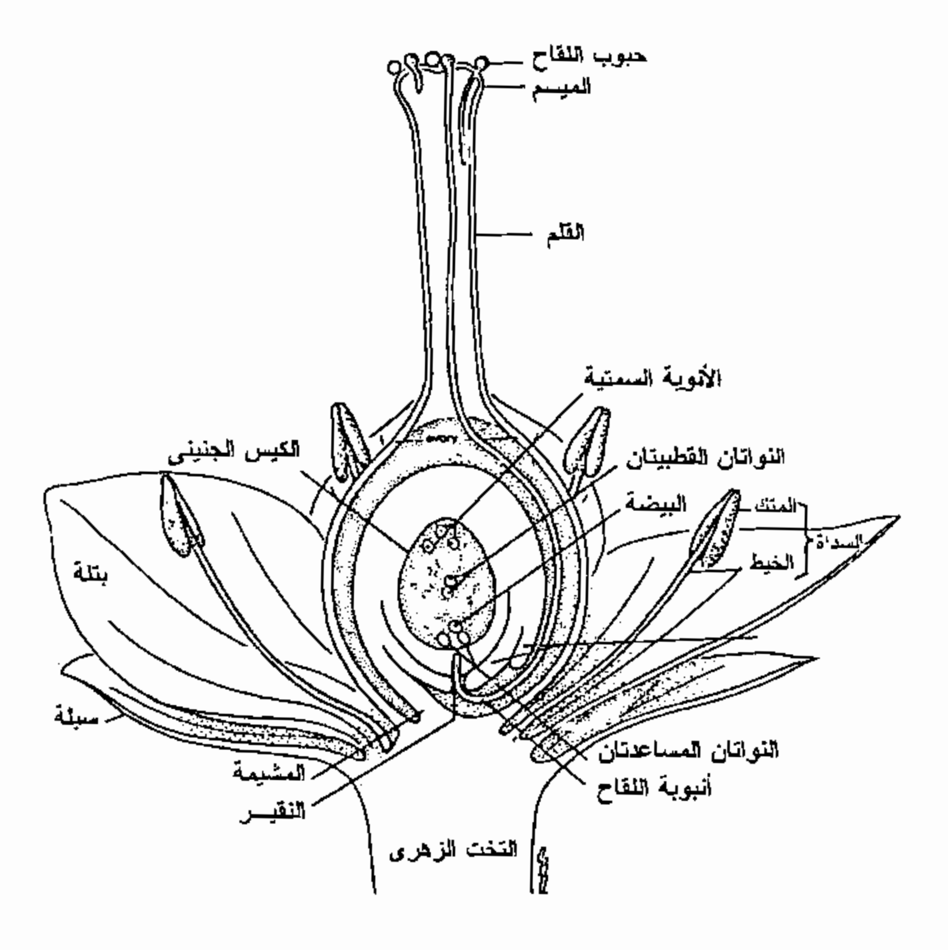
يُعرِّف النباتيون الزهرة بأنها: فرع قصير لا تظهر به سلاميات واضحة، ويحمل أوراقا متزاحمة، تحورت لغرض التكاثر وتنشأ الزهرة – عادة – فى إبط ورقة، تسمى قنبة bract، قد تشبه الأوراق العادية، أو تكون حرشفية، أو ملونة وقد تكون الزهرة جالسة sessile (أى بدون عنق)، أو معنقة. وقد تظهر على عنق الورقة أوراق صغيرة، تسمى قنيبات bracteoles وقد يوجد فى قمة العنق جزء متضخم يعرف باسم التخت receptacle، يحمل الأوراق الزهرية التى تنتظم فى محيطات، وهى الكأس، والتويج، والطلع، والمتاع (شكل ٢–٥)

١ الكأس والتويج

يتشكل الكأس والتويج – معا - الأعضاء غير الأساسية للزهرة.

ويعد الكأس calyx المحيط الخارجي للزهرة، وهو يتركب من أوراق صغيرة خضراء تعرف باسم السبلات sepals ووظيفته حماية الأجزاء الزهرية الأخرى فى البرعم الزهرى وقد يكون الكأس متساقطًا – حيث تسقط السبلات بعد عقد الثمرة – أو مستديما - حيث تنمو أوراقه مع الثمرة كما فى الطماطم، كما قد تكون السبلات منفصلة، أو ملتحمة ويوجد – أحيانًا – محيط آخر خارج الكأس، يتركب من أوراق تشبه السبلات، ويعرف باسم فوق الكأس epicalyx

أما التويج corolla فإنه يتركب من عدد من الأوراق الملونه التى تعرف باسم البتلات petals، تفيد فى جذب الحشرات فى حالات التلقيح الخلطى بالحشرات وقد تكون البتلات هى الأخرى منفصلة، أو ملتحمة، وتأخذ أشكالا عدة عند التحامها



شكل (٢-٥): أجزاء الزهرة وعملية الإخصاب.

وقد تتشابه أوراق الكأس والتويج معًا بدرجة كبيرة فى بعض النباتات - خاصة فى ذوات الفلقة الواحدة - ويعرفان - معًا فى هذه الحالة باسم الغلاف الزهرى perianth.

وقد أوضحت الدراسات الحديثة - نسبيًا - أن الكأس والتويج يؤديان دورا جوهريًا - غير مباشر - فى التطورات التالية للإخصاب، وأن إلحاق الضرر بهما - قبل تفتح الزهرة - يؤثر تأثيرا سيئًا فى عضو التأنيث gynecium بها، ذلك لأنهما يفرزان بعض المركبات، التى تعد مبادئ حيوية أساسية للتطورات التالية للإخصاب (Swamy & Krishnamurthy ١٩٨٠).

٢ – الطلع

يعد الطلع androecium عضو التذكير، وهو يتكون من عـدد مـن الأسـدية stamens تتركب كل سداة من جزء رفيع، يعرف بالخيط filament، يحمل فى قمته جزءا منتفخا هو المتك anther وقد تكون الأسدية منفصلة، أو ملتحمة بخيوطـها ومتوكـها سـائبة، أو العكس كما قـد تكـون الأسـدية ملتحمـة مـع البتـلات، وتعـرف بأنـها فـوق بتليـه epipetalous، أو تكون منفصلة عنها

يتـركب المتك من فصين lobes طوليين، يحتوى كل منهما علـى تجويفـين طوليـين. يطلق على كل منهما اسم كيس لقاح pollen sac يحتوى كل كيس على عدد من حبوب اللقاح pollen grains وبالفحص المجهرى للقطاع المستعرض فى المتك نجد أن جدار المتك يتركب من طبقة البشـرة الخارجيـة، ثـم طبقـة ليفيـة fibrous layer ذات خلايـا عمادية بجدرها تغليظ ليفى، ثم عدد من الطبقات المتوسـطة intermediate layers، ثـم الطبقة الطرازية tapetal layer التـى تحيـط بـالتجويف المشـتمل علـى حبـوب اللقـاح، وخـلاياها غنيـه بـالمواد الغذائيـة، ووظيفتـها مـد حبـوب اللقـاح بـالغذاء أثنـاء اكتمـال تكوينها وعند تكون حبوب اللقاح تمر الخلايا الوالـدة اللقاحيـة pollen mother cells بانقسام اختزالى، فينشأ من كل منها أربع حبوب لقـاح، كـل منـها أحاديـة المجموعـه الكروموسومية وعند اكتمال نضج المتك يختفى الجدار الفاصل بين تجويفى كيس اللقـاح فيصبح كل فص مشتملاً على تجويف واحد

يعتمد تفتح المتك على أمرين الأول هو أن التغليظ الليفى فى خلايا الطبقة الليفية لا يوجد بالجدر الخارجية، والثانى هو أن الطبقة الليفية ينعدم وجودها علـى طـول الخـط الذى يفصل بين كيسى اللقاح فى الفص، فعندما تنضـج حبـوب اللقـاح تجـف طبقـة البشرة الخارجية، وكذلك الطبقة الليفية، بسبب رقـة جدرهـا الخارجيـة، وتنكمشـان، ولكن نتيجة لتليف جدرها الأخرى فإنـه يتولـد ضغـط، يـؤدى فـى النهايـة – إلى انشقاق المتك فى منطقة الضعف، وهى الخط الفاصل بين كيسى اللقاح فى كل فص على الجـانبين، ويتبع ذلك التواء جدر الفص إلى الخارج، بقوه تشبه قـوة انكمـاش اللولـب، مما يؤدى إلى تحرير حبوب اللقاح

يوجد لكل حبـة لقـاح جـداران، أحدهمـا خـارجى exine سميـك، والآخـر داخلـى

intine رقيق. يوجد بالجدار الخارجى عدد من المواقع الرقيقة، تعرف باسم ثقوب الإنبات pores وتختلف الأنواع النباتية فى شكل حبة اللقاح، إلا أنها تكون – غالبًا – كروية كما تختلف فى شكل سطحها الخارجى

وتنقسم نواة حبة اللقاح إلى نواتين تكون إحداهما كبيرة وتسمى النواة التناسلية generative nucleus، والأخرى صغيرة وتسمى نواة الأنبوبة tube nucleus

٣ – المتاع

يعد المتاع gynoecium هو عضو التأنيث، وهو يتكون من كربلة واحدة، أو عدد من الكرابل، تتركب كل منها من المبيض ovary، الذى يحتوى على البويضات ovules، والقلم style الذى ينتهى بالميسم stigma، وهو الجزء المعد لاستقبال حبوب اللقاح وتنشأ البويضات على نتوءات تبرز من السطح الداخلى للمبيض، ويطلق على كل منها اسم المشيمة placentae وقد يتركب المتاع من كربلة واحدة، أو من عدة كرابل منفصلة أو متحدة وعندما يتركب المتاع من عدة كرابل متحدة .. فإنه يسمى متاعًا بسيطا.

وقد يكون المبيض وحيد الغرفة وإن تعددت كرابل المتاع، ويحدث ذلك عندما يكون اتحاد الكرابل عند حوافها المتجاورة خارجيًّا، دون أن تلتقى فى المركز وقد يتكون المبيض من عدة غرف locules عند التحام الجدر الداخلية للكرابل مع بعضها، ويتساوى عدد الغرف فى هذه الحالة مع عدد الكرابل، لكن الغرف قد تنشأ – أحيانًا – نتيجة لنمو حواجز داخلية كاذبة من جدار المبيض، كما فى ثمرة الكرنب.

تعرف طريقة توزيع المشيمات فى المبيض باسم الوضع المشيمى Placentation، ويتساوى - غالبًا – عدد المشيمات مع عدد الكرابل فى المتاع ويتراوح عدد البويضات فى المبيض من بويضة واحدة إلى عدة مئات. وتتصل البويضة بالمشيمة بواسطة الحبل السرى funicle، وهى تتركب من الكيس الجنينى embryo sac فى المركز يحيط به نسيج النيوسيلة nucellus. ويغطى نسيج النيوسيلة بغلافين بويضيين integuments، ينفذ خلالهما ثقب، يصل ما بين سطح البويضة الخارجى وسطح النيوسيلة، ويعرف باسم النقير micropyle. ويلتحم الغلافان البويضيان مع النيوسيلة عند قاعدة البويضة فى منطقة تعرف باسم الكلازا chalaza.

يتوقف شكل البويضة على شكل الكيس الجنينى وموضع النقير كما يلى

أ – البويضة المستقيمة Orthotropus يقع فيها الحبل السرى، والكلازا، والنقير على استقامة واحدة (ويكون الكيس الجنينى مستقيما)، ويكون النقير أبعد أجزاء البويضة عن المشيمة، ويكون اتصال البويضة بالمشيمة عند الكلازا

ب – البويضة المقلوبة Anatropus. يقع فيها الحبل السرى، والكلازا، والنقير على استقامة واحدة كذلك، إلا أن اتصال البويضة بالمشيمة يكون عند أحد جوانب الغلاف البويضى الخارجى، ويقع النقير على جانب الحبل السرى مواجهاً للمشيمة وتلك هى أكثر أنواع البويضات شيوعا

جـ البويضة الكلوية Campylotropous يكون فيها الكيس الجنينى منحنيا، ويكون اتصال البويضة بالمشيمة عند الكلازا، ويقع النقير على جانب الحبل السرى مواجها للمشيمة

توصف الزهرة حسب وضع المتاع بالنسبة للمحيطات الزهرية الأخرى كما يلى

أ تحت متاعية Hypogynous يكون فيها التخت الزهرى محدبا قليلا، ويُحمل المبيض على قمته، بينما توجد بقية المحيطات الزهرية فى مستوى منخفض عن مستوى المبيض، أى يكون المبيض علويًا

ب محيطية المتاعيه Perigynous يكون فيها التخت الزهرى مفلطحا، وتترتب عليه الأجزاء الزهرية فى مستوى واحد تقريبا، كما قد يكون التخت الزهرى مقعرا، ويضم المبيض داخله، ويكون مستواه منخفضا عن مستوى بقية المحيطات الزهريه. وتبقى الزهرة - بالرغم من ذلك – محيطيه المتاعيه؛ لأن جدار المبيض لا يكون ملتحما مع التجويف الداخلى للتخت الزهرى

جـ فوق متاعيه Epigynous يكون فيها التخت الزهرى مقعرا، ويحتوى على المبيض داخله. ويكون الالتحام بينهما كاملا، أما بقية المحيطات الزهرية فإنها تكون فى مستوى مرتفع عن مستوى المبيض، أى يكون المبيض سفليًا (عن عبدالعزيز وآخرين ١٩٧٦)

دورة الحياة فى النباتات الزهرية

تمر دورة حياة النباتات الزهرية بطورين، هما

١ – الطور البوغى

يعد الطور البوغى Sporophytic Generation. الطور السائد فى النباتات الزهرية، وهو يبدأ بالزيجوت ثنائى المجموعة الكروموسومية، وينتهى بتكوين الأبواغ spores التى تكون أحادية المجموعة الكروموسومية

٢ – الطور الجاميطى Gametophytic Generation

يُحمل هذا الطور على الطور البوغى فى كل من متوك الأزهار وأمتعتها، وهو يبدأ بالأبواغ الأحادية المجموعة الكروموسومية، وينتهى بالجاميطات gametes التى تكون أحادية المجموعة الكروموسومية كذلك

ونتناول - فيما يلى – خطوات عمليت تكوين الجاميطات المذكرة، والمؤنثة، والإخصاب، وتكوين الجنين بشئ من التفصيل، لما لها من أهمية كبيرة بالنسبة لتربية النبات

تكوين الجاميطات المذكرة (حبوب اللقاح)

تتكون الجاميطات المذكرة أى حبوب اللقاح – داخل الأكياس البوغبة المذكرة microsporangia التى توجد أربعة منها فى كل متك، بواقع اثنين فى كل فص من فصى المتك. وتحتوى هذه الأكياس على خلايا النسيج البوغى archesporium. التى تنقسم كل منها إلى خليتين بالانقسام الميتوزى تستمر إحدى الخليتين الناتجتين فى الانقسام الميتوزى. وتضم نواتج انقسامها إلى جدار الكيس البوغى المذكر. بينما يتكون من الخلية الأخرى ومثيلاتها الخلايا البوغية المذكرة microspore mother cells (أو الخلايا الوالدة اللقاحية pollen mother cells) وهى ثنائية المجموعة الكروموسومية ونظرا لأن نمو أنسجة جدار المتك يكون أسرع من نمو النسيج البوغى، لذا يتكون فراغ داخلى يطلق عليه اسم كيس اللقاح pollen sac (يوجد منها أربعة أكياس فى كل متك)، يكون مبطنًا من الداخل بالخلايا الطرازية المغذية.

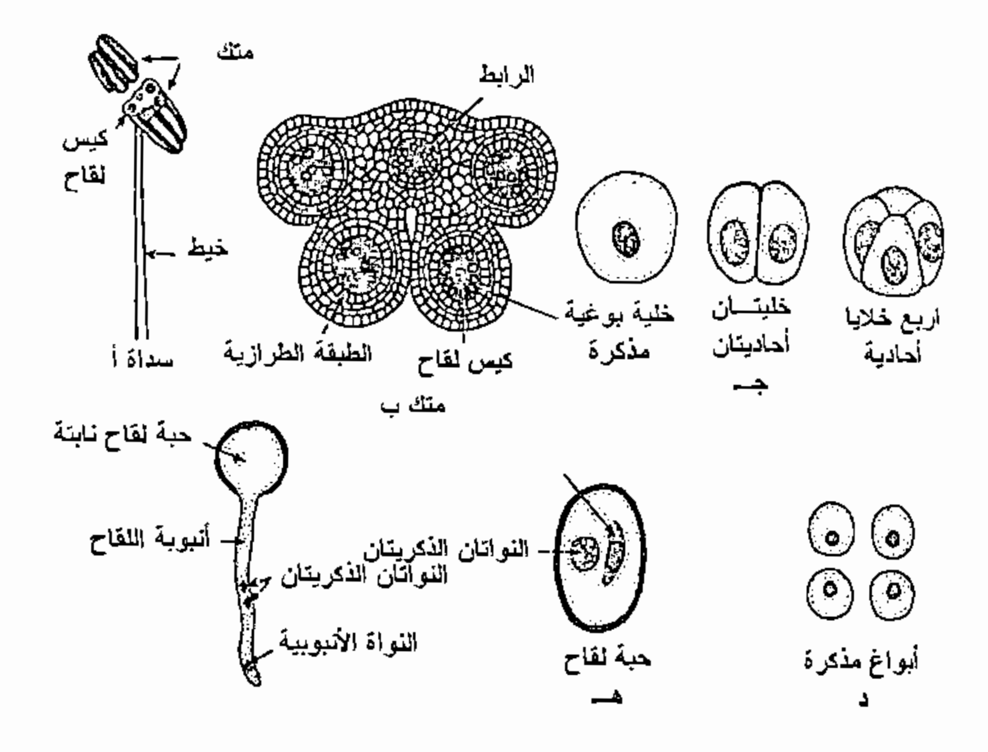
يبدأ تكوين حبوب اللقاح بإنقسام كل خلية من الخلايا الوالدة المذكرة الموجودة فى

كيس اللقاح انقساما ميوزيًا، لتعطي أربع خلايا أحادية المجموعة الكروموسومية. يطلق عليها اسم الأبواغ المذكرة تبقى الأبواغ الأربعة الناتجة من كل خلية وسده مذكره متصلة ببعضها بجدر رقيقة لفترة قصيرة ثم تستدير، وتنفصل عن بعضها. وبذلك ينتهي الطور البوغي. ويبدأ الطور الجاميطي المذكر

يلاحظ أن كل خليه بوغية مذكره (حبة لقاح) تحاط بجدارين. يكون الخارجي منهما سميكا، وبه ثقوب، يختلف عددها تبعا للنوع النباتي، أما الجدار الداخلي فيكون غشائيًا رقيقا وتتكون أنبوبة اللقاح pollen tube بنمو الجدار الداخلي، من خلال أحد الثقوب التي توجد بالجدار الخارجي ويسبق ذلك انقسام نواة الخلية البوغيه المذكره انقساما ميتوزيًا، معطية نواتين. تكون إحداهما صغيرة، وتعرف باسم النواة التناسلية generative nucleus، والأخرى كبيرة، وتعرف باسم النواه الخضرية vegetative nucleus، أو نواة أنبوبة اللقاح pollen tube nucleus كما تنقسم النواة التناسلية – بدورها انقساما ميتوزيًا إلى نواتين تناسليتين، لكن ذلك لا يحدث في كثير من النباتات إلا بعد تكوين أنبوبة اللقاح ويعني ذلك أنه يوجد دائما ثلاث أنوية أحادية المجموعة الكروموسومية في حبة اللقاح عند إنباتها وتكون النواة الخضريه في المقدمة دائما، لأنها تنظم أنبوبة اللقاح. وإذا حدث لها أي ضرر يتوقف نمو أنبوبة اللقاح (شكل ٢–٦)

تكوين الجاميطات المؤنثة (البويضات)

تظهر النيوسيلة عند بداية تكوين البويضة - على هيئة نتوء من المشيمه. يتكون من مجموعة من الخلايا المتشابهه، ثم تظهر عند قاعدة هذا النتوء حلقتان نسيجيتان، تنموان لتكونا الغلافين البويضيين تكبر إحدى خلايا النيوسيلة الواقعة تحت البشرة عند قمة النيوسيلة، وتصبح خلية بوغية اميه archesporial cell تنقسم هذه الخلية - ميوزيًا إلى خليتين، إحداهما خارجية وتكوّن النسيج المغذي، والأخرى داخلية وتصبح الخليه الوالده للجرثومة الكبيرة megaspore mother cell، وهي ثنائيه المجموعة الكروموسوميه، وتدخل في انقسام ميوزي؛ لتعطي أربع خلايا مرتبه رأسيًا. تكون كل منها أحاديه المجموعه الكروموسوميه (شكل ٢–٧)؛ وبذا ينتهي الطور البوغي، ويبدا الطور الجاميطي المؤنث



شكل (٢-٦)· خطوات تكوين الجاميطات المذكرة (عن Rost وآخرين ١٩٨٤).

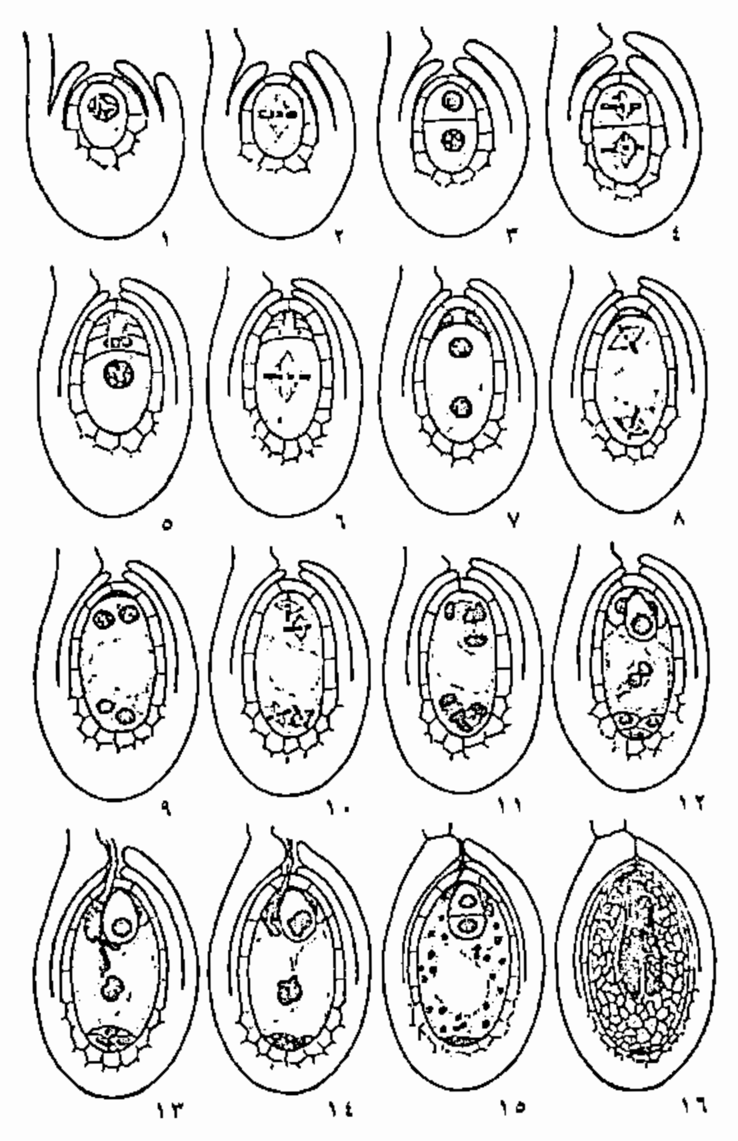
يبدأ الطور الجاميطي بكبر الخلية الأحادية الموجودة عند القطب الكلازى (المتجه إلى داخل النيوسيلة)، بينما تتحلل الخلايا الثلاث الأخرى، وتستنفذ محتوياتها بواسطة الخلية الطرفية، التى تعرف - حينئذ - بالجرثومة الكبيرة Megaspore، وهى التى يتكون منها الكيس الجنينى embryo asc. وتنقسم نواة الجرثومة الكبيرة (تسمى أيضا نواة الكيس الجنينى) إلى ثلاثة انقسامات ميتوزية متتالية، دون تكون جدر خلوية. يعطى الانقسام الأول نواتين، تتحركان إلى القطبين المتضادين، حيث تنقسم كل منهما مرتين، وبذا .. يتواجد عند كل قطب من قطبى الكيس الجنينى أربع أنوية، مغمورة فى سيتوبلازم الكيس الجنينى، نكون كل منها أحادية المجموعة الكروموسومية. تتحرك - بعد ذلك - نواة واحدة من كل مجموعة نحو وسط الكيس الجنينى، ويكون الكيس - فى ذلك الوقت - محاطًا بغلافين بويضيين، توجد بهما فتحة دقيقة، وهى النقير تصبح إحدى الأنوية الثلاث الموجودة عند القطب النقيرى البيضة egg الناضجة. بينما

تعرف النواتان الأخريان باسم النواتين المساعدتين synergids وتعرف الأنوية الثلاث الموجودة في القطب الآخر (القطب الكلازى) باسم الخلايا السمتية antipodal cells، بعد أن تحاط كل منها بطبقة من السيتوبلازم وجدار خلوى. أما النواتان المركزيتان فيما تعرفان بالنواتين القطبيتين polar nuclei

الإخصاب

تصبح البويضة مهيئة للإخصاب Fertilization عندما يكتمل تكوين الكيس الجنيني، ويصاحب ذلك استعداد المياسم للتلقيح، بإفرازها سكريات، ومواد غذائية أخرى، وهرمونات.

تبدأ أولى خطوات الإخصاب بعد وصول حبة اللقاح إلى الميسم (وهي العملية التي تعرف باسم التلقيح Pollination)، بامتصاصها لحاجتها من المركبات التي يفرزها الميسم، ثم ينمو منها أنبوبة لقاح، تنتقل إلى نهايتها النواة الأنبوبية وتليها النواة التناسلية، التي تنقسم إلى نواتين ذكريتين male nuclei، إن لم تكن قد انقسمت قبل ذلك. تنمو أنبوبة اللقاح خلال أنسجة الميسم والقلم (إما بين الخلايا، وإما داخلها، ويختلف ذلك من نوع نباتي إلى آخر)، حتى تصل إلى البويضة. وتتراوح هذه المسافة من ٢ ٥ مم إلى ٤٠–٥٠ سم كما في الذرة، ويستغرق نموها من ساعات قليلة – في معظم النباتات – إلى يوم ونصف في الذرة، إلى عدة أسابيع كما في البلوط (رغم أن طول الميسم والقلم فيه لا يتعدى ٣ مم). تشق أنبوبة اللقاح طريقها بعد ذلك نحو النقير، مستجيبة لجاذبية مادة تفرزها البويضة، ويكون نموها أثناء ذلك على امتداد الجدار الداخلي للمبيض، إلى أن تصل إلى الكيس الجنيني، (شكل ٢–٧) حينئذ تتلاشى النواة الأنبوبية، ويتمزق طرف أنبوبة اللقاح التي تفرز محتوياتها من سيتوبلازم ونواتين ذكريتين داخل الكيس الجنيني وتتحد إحدى النواتين الذكريتين مع نواة البيضة (amphimixis)، لتكونا اللاقحة zygote، التي تكون ثنائية المجموعة الكروموسومية، وتتحد النواة الذكرية الثانية مع النواتين القطبيتين لتكوّن نواة الإندوسبرم الأولية، التي تكون ثلاثية المجموعة الكروموسومية. وتعرف هذه العملية بالإخصاب المزدوج double fertilization، يلي ذلك اختفاء النواتين المساعدتين والخلايا السمتية، ثم ينشأ الجنين، بانقسام اللاقحة، بينما تستنفد النيوسيلة أثناء تكوين الجنين. ويعمل الأندوسبرم على تغذية الجنين في المراحل الأولى لتكوينه



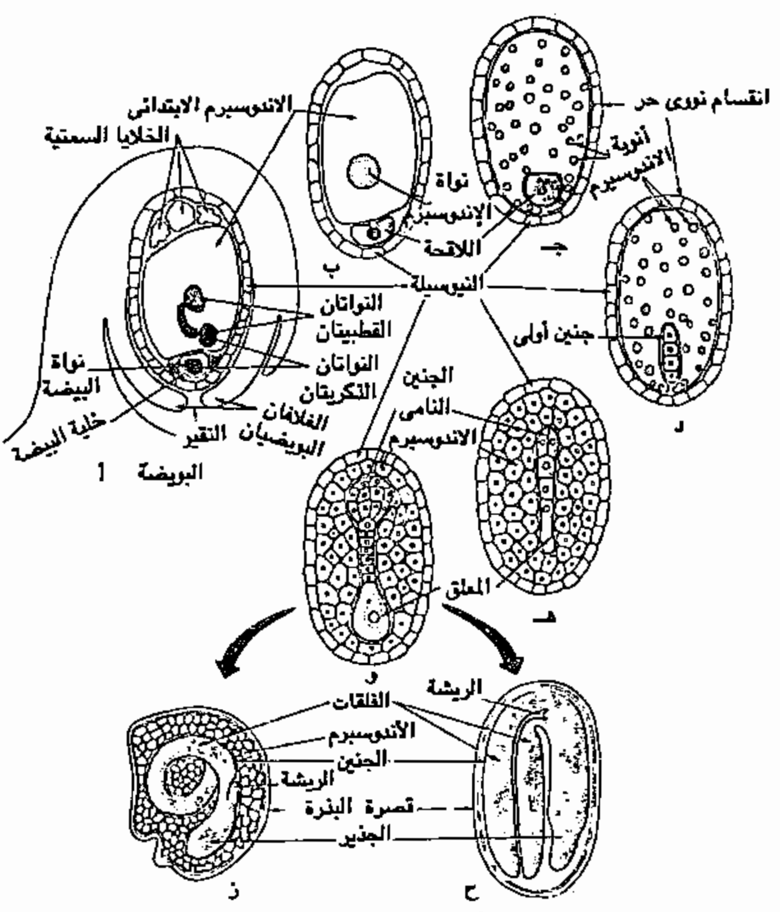
شكل (٢-٧) خطوات تكوين الكيس الجنينى والإخصاب المزدوج وتكوين الجنين (١-٥) الخطوات من بداية ظهور الخلية الوالدة للجرثومة الكبيرة ومرورها بانقسام ميوزى إلى حين تكون الجرثومة الكبيرة، (٦-١٢) تكوين الكيس الجنينى بثلاثة انقسامات ميتوزية متتالية، (١٣-١٤) الإخصاب، (١٥) انقسام اللاقحة الى خليتين، وانقسام نواة الاندوسبرم الابتدائية إلى عدة أنوية حرة، (١٦) تكوين الجنين يظهر بالشكل جنين الذرة (عن Briggs & Knowles ١٩٧٦)

تكوين الجنين

يبدأ تكوين الجنين (شكل ٢-٨) بعد عملية الإخصاب مباشرة، حيث تنقسم اللاقحة إلى خليتين غير متساويتين، تكون كبراهما هى الأقرب إلى النقير، وتسمى الخلية القاعدية، وهى التى تعمل على تثبيت الجنين فى بداية تكوينه، أما الأخرى الصغيرة فإنها تنقسم عدة مرات، لتكوّن صفًا من الخلايا تعرف الخلية التى تقع فى نهاية هذا الصف - أى أبعد الخلايا عن النقير - بالخلية الجنينية embryonic cell، وهى التى ينشأ منها الجنين ذاته embryo proper، بينما تشترك بقية الخلايا مع الخلية القاعدية فى تكوين المعلق suspensor، الذى يدفع الخلية الجنينية فى نسيج الإندوسبرم وتميز الخلايا العليا - البعيدة عن النقير - الناشئة عن انقسام الخلية الجنينيه إلى فصين، يمثلان الفلقتين فى نباتات ذوات الفلقتين، ويظهر بينهما تجويف، تخرج منه الريشة plumule فيما بعد أما الخلايا السفلية القريبة من النقير . فينشأ منها الجذير radicle، والسويقة تحت الفلقية hypocotyl (السويقة الجنينية السفلى) أما فى النباتات ذوات الفلقة الواحدة . فإن الجنين يتكون من فلقة واحدة، تقع على الجانب الملاصق للإندوسبرم، ويحيط بكل من الجذير والريشة غمد وبتكون الإندوسبرم - فى الوقت نفسه - بانقسام نواة الإندوسبرم انقسامات سريعة متوالية، يعقبها تكوّن جدر تغلف الأنوية، وما يحيط بها من سيتوبلازم . وإما أن يبقى الإندوسبرم خارج الجنين شاغلاً جزءا من البذرة فتوصف بأنها إندوسبرمية endospermic، وإما أن يستنفذ أثناء تكوين الجنين خاصة فى تكوين الفلقات - فتوصف البذرة بأنها لاإندوسبرمية أما قصرة البذرة seed coat . فإنها تتكون من الغلافين البويضيين (عبدالعزيز وآخرون ١٩٧٦) ويمكن الإطلاع على مزيد من التفاصيل المتقدمة، الخاصة بمراحل النمو النباتى، من الزهرة إلى الثمرة، من جوانبها التشريحيه والتكوينية فى Swamy & Krishnamurthy (١٩٨٠)

ظاهرتا الزينيا والميتازينيا

تعرَّف الزينيا Xenia بأنها ظاهرة تأثير حبوب اللقاح على صفات البذور ولقد عرفت هذه الظاهرة منذ عام ١٨٨١، وهى تنتشر فى المملكة النباتية، ومن أبرز الأمثلة عليها . تأثير حبوب اللقاح على صفات الإندوسبرم فى الذرة



شكل (٢-٨): خطوات الإخصاب وتكوين البذور فى كاسيات البذور (عن Weier وآخرين ١٩٨٤).

وتفسر هذه الظاهرة من خلال فهمنا لعملية الإخصاب المزدوج، حيث تخصب إحدى النواتين الذكريتين النواتين القطبيتين، لتكوّن نواة الإندوسبرم. ويظهر تأثير حبة اللقاح عندما تحتوى النواة الذكرية على جين سائد لإحدى صفات الإندوسبرم، بينما تكون النواتان القطبيتان متنحيتين فى تلك الصفة، حيث تظهر الصفة السائدة فى الإندوسبرم المتكون.

ولهذه الظاهرة أهمية خاصة فى حقول إنتاج المحصول التجارى، وإنتاج البذور فى كل من الذرة السكرية، والذرة الشامية؛ فيؤدى تلقيح نباتات الذرة السكرية -- التى

تكون أصيلة فى الجين المتنحى su، الذى يجعل الإندوسبرم سكريًّا – بحبوب لقاح من حقل ذرة شامية مجاور – تحمل الجين السائد Su الخاص بالإندوسبرم النشوى – إلى إنتاج حبوب يكون فيها الإندوسبرم ذا تركيب وراثى Su su su، ونسوبًا لا يصلح للاستعمال كذرة سكرية، بينما يكون جنين البذرة خليط Su su، وبذا لا تصلح البذور هى الأخرى كتقاوى ذرة سكرية ويحدث الشئ ذاته عند تلقيح صنف من الذرة (التامية أو السكرية) ذى بذور بيضاء بحبوب لقاح من صنف ذى بذور صفراء، لأن جين اللون الأصفر سائد على جين اللون الأبيض

ومن الأمثلة الأخرى لظاهرة الزينيا تأثير حبة اللقاح على لون طبقة الأليرون alerone layer فى الذرة، حيث يكون اللون القرمزى هو السائد. وعلى شكل نواة ثمرة التمر، وعلى صفات الجنين فى بعض الأحيان

أما الميتازينيا Metaxenia فتعرف بأنها ظاهرة تأثير حبة اللقاح على صفات أنسجة الثمرة، وهى أنسجة أمية كلية، ومن أمثلتها .. تأثير حبوب اللقاح على شكل الثمار فى التمر، وحجمها، وموعد نضجها ومن الطبيعى أنه لا يمكن تفسير هذه الظاهرة على أساس الإخصاب المزدوج، بصورة مباشرة، لأن أنسجة الثمرة تكون أمية إلاَّ أن W Swingle عزاها إلى ذلك – ولكن بصورة غير مباشرة – بالنظر إلى أن الجنين والإندوسبرم ربما يفرزان – أثناء نموهما وتطورهما هرمونات أو مواد شبيهة بالهرمونات، يمكن أن تنتشر فى الأنسجة المحيطة بهما، لتحدث التأثير المشاهد (بغدادى ١٩٥٥، و Elliott ١٩٥٨)

ومن الأمثلة المعروفة لحالات الزينيا والميتازينيا، ما يلى:

١ – تأثيرات لونية

أ – لون قصرة البذرة، كما فى البسلة

ب – لون الغلاف الثمرى الخارجى pericarp، كما فى الموالح، والتفاح، والبلح، والكمثرى، والفجل، والعنب، والذرة

جـ – لون الإندوسبرم، كما فى الذرة

د لون الجنين، كما فى الكستناء

٢ - تأثيرات على الشكل.
أ - شكل الغلاف الثمرى الخارجى، كما فى التفاح، والبلح، والكمثرى، والعنب
ب - شكل البذرة، كما فى البلح
٣ - تأثيرات على محتوى السكر
أ - فى الغلاف الثمرى الخارجى، كما فى التفاح
ب - فى الغلاف الثمرى الوسطى mesocarp، كما فى البلح.
جـ - فى الإندوسبرم، كما فى الذرة.
٤ - تأثيرات على موعد النضج، كما فى: القطن، والبلح، والفستق (عن Denney ١٩٩٢)

التلقيح وأهميته فى تربية النبات

تتحدد كثير من الأمور فى برنامج التربية، كما تتحدد طريقة التربية ذاتها بطريقة التلقيح الشائعة فى الطبيعة للمحصول المراد تربيته؛ لذا .. فإن دراسة هذا الأمر - بشئ من التفصيل - يعد أمرًا ضروريًّا للمربى.

تقسيم النباتات حسب طريقة التلقيح الشائعة فيها

تقسم المحاصيل الاقتصادية التى تتكاثر جنسيًّا - حسب طريقة التلقيح السائدة فيها - إلى ثلاث مجموعات كما يلى:
١ - ذاتية التلقيح Self-pollinated (autogamus) .. وهى التى تقل فيها نسبة التلقيح الخلطى غالبًا عن ١٪، وإن كانت تصل - أحيانًا - إلى ١٠٪.
٢ - خلطية التلقيح جزئيًّا Partially cross-pollinated . وهى التى تتراوح فيها نسبة التلقيح الخلطى بين ١٠٪، و ٤٩٪، وتزيد فيها نسبة التلقيح الذاتى عن ٥٠٪
٣ - خلطية التلقيح بدرجة عالية allogamus، وهى التى لا تقل فيها نسبة التلقيح الخلطى عن ٥٠٪، ويفضل البعض تحديدها بأنها النباتات التى تزيد فيها نسبة التلقيح الخلطى عن ٩٠٪.

وقد جرى العرف على تقسيم النباتات إلى نباتات ذاتية التلقيح، ونباتات خلطية

التلقيح، إلا أن تمييز فئة النباتات الخلطية التلقيح جزئيًا ذو أهمية خاصة للمربى، لأنها لا تتأثر كثيرًا – وربما مطلقا - بالتربية الداخلية inbreeding (وهى عملية التلقيح الذاتى الصناعى الذى يقوم بها المربى)، بينما تتدهور النباتات التى تزيد فيها نسبة التلقيح الخلطى على ٩٠٪، بدرجة متوسطة إلى شديدة بالتربية الداخلية. ولكل ذلك اعتبارات، لها أهميتها عند اختيار طريقة التربية المناسبة للمحصول.

التلقيح الذاتى والعوامل المؤثرة عليه

يعرف التلقيح الذاتى self-pollination الطبيعى (أو autogamy) بأنه انتقال حبوب اللقاح من متوك الزهرة إلى مبسم الزهرة نفسها. أما من وجهة نظر المربى فإن التلقيح الذاتى يتسع ليضم – أيضا – حالات انتقال حبوب اللقاح، من متوك الزهرة إلى مبسم أية زهرة أخرى على نفس النبات، (تعرف هذه الحالة باسم geitonogamy). أو أية زهرة من أى نبات آخر من السلالة الخضرية ذاتها؛ لأن جميع نباتاتها تكون متماثلة تماما فى تركيبها الوراثى. ويبدو أن حالات التلقيح الذاتى تعد أكثر تطورا من حالات التلقيح الخلطى. يتطلب حدوث التلقيح الذاتى أن تحتوى الزهرة على أعضاء التذكير وأعضاء التأنيث معا، وهو ما يعرف باسم bisexuality، وأن تنضج أعضاؤها الجنسية فى وقت واحد، وهو ما يعرف باسم homogamy.

إن التلقيح الذاتى التام لأمر نادر الوجود؛ حيث تحدث - غالبا - نسبة من التلقيح الخلطى، قد تصل إلى ١٠٪.

الظواهر التى تساعد على حدوث التلقيح الذاتى

إن من أهم الظواهر التى تساعد على حدوث التلقيح الذاتى ما يلى:

١ – عدم تفتح الزهرة مطلقا، مما يحتم التلقيح الذاتى، وهى الظاهرة التى تعرف باسم Cleistogamy. وتعد هذه الظاهرة قليلة الانتشار، وهى توجد فى أزهار النورات القاعدية لنبات عشب كاليفورنيا الأزرق California blue grass (واسمه العلمى *Danthonia californica*)، وهى النورات التى تختفى – كلية – تحت غمد الورقة إلى أن تنضج البذور. كما توجد تتوفر – كذلك – فى بعض أصناف وسلالات القمح، والشعير، والزمير.

٢ - الـ Chasmogamy.

يعنى بظاهرة الـ chasmogamy تفتح الأزهار وظهور مياسمها ومتوكها خارجيًا بعد أن تفرغ محتوياتها من حبوب اللقاح، مما يحد كثيرًا من فرصة حدوث التلقيح الخلطى فيها، وتكثر هذه الظاهرة فى القمح *Triticum durum*، والشعير، والأرز، والزمير. كما يكون التلقيح شبه مؤكد فى الطماطم، على الرغم من أنه لا يحدث إلا بعد تفتح الزهرة؛ ذلك لأن المتوك تلتحم معًا وتكوّن أنبوبة متكية، تحيط بالقلم والميسم إحاطة تامة، وتمنع بموجبها أية فرصه للتلقيح الخلطى. إلا أن استطالة القلم، ووصول الميسم إلى قمة الأنبوبة المتكيه، أو بروزه منها (وهو ما يحدث بصورة طبيعية فى بعض السلالات البرية من الطماطم، وبعض الأنواع القريبة من الجنس *Lycopersicon*، ونتيجة لتأثير بعض العوامل البيئية فى الأصناف التجارية) تؤدى إلى حدوث نسبة من التلقيح الخلطى عند توفر الحشرات الملقحة. كذلك تتفتح الأزهار فى بعض الأنواع النباتية إلا أن الأسدية والميسم تبقى محاطة بأعضاء زهرية أخرى، مما يقلل كثيرًا من فرصة حدوث التلقيح الخلطى، كما فى البسلة والفاصوليا اللتان تحاط فيهما الأسدية والميسم بالزورق keel الذى يتكون من بتلتين.

وتعتبر حالات الـ chasmogamy – وهى التى تعرف كذلك باسم effective cleistogamy – أكثر شيوعًا فى المملكة النباتية من حالات الـ cleistogamy.

وقد وجد أن صفة الـ cleistogamy يتحكم فيها عامل وراثى واحد متنح أعطى الرمز cl، بينما تحمل النباتات الـ chasmogamus الآليل السائد Cl (Chhabra & Sethi ١٩٩١)

وأهم وسائل انتقال حبوب اللقاح – فى حالات التلقيح الذاتى – هى التلامس بين المياسم والمتوك المتفتحة، وقوة الجاذبية الأرضية، عندما تكون المياسم فى مستوى أدنى من مستوى المتوك

العوامل المؤثرة فى نسبة التلقيح الخلطى

تتأثر نسبة التلقيح الخلطى فى النباتات الذاتية التلقيح بالعوامل التالية:

١ – مدى توفر الحشرات الملقحة ودرجة نشاطها.

٢ مدى وجود التيارات الهوائية، التى تساعد على انتقال حبوب اللقاح فى بعض النباتات

٣ – درجة الحرارة السائدة. حيث قد يؤدى انخفاض الحرارة إلى أقل من درجة التجمد بقليل إلى موت حبوب اللقاح دون التأثير على البويضات، مما يزيد من فرصة حدوث التلقيح الخلطى

أهمية التلقيح الذاتى التام

ترجع أهمية التلقيح الذاتى التام إلى ما يلى

١ – يمنع التلقيح الذاتى التام حدوث خلط وراثى بين التراكيب الوراثية المرغوب فيها، وغيرها من التراكيب الوراثية، وبذا يساعد على حفظ صفات الأصناف، والسلالات، والنباتات المنتجة

٢ يؤدى التلقيح الذاتى إلى الإبقاء على الطفرات الضارة. محصورة فى نسل النبات الذى ظهرت فيه الطفرة فقط

٣ – كما يؤدى التلقيح الذاتى المستمر إلى سرعة اختفاء الطفرات المتنحية الضارة، وسيأتى شرح الأساس الوراثى لذلك فى فصل لاحق

أمثلة للنباتات الذاتية التلقيح

من أمثلة النباتات الذاتية التلقيح ما يلى

١ – محاصيل الحقل القمح والأرز والزمير والشعير والكتان والدخان والفول السودانى وفول الصويا والعدس

٢ – محاصيل الخضر الخس والهندباء والطماطم والبسلة والفاصوليا العادية واللوبيا وفاصوليا المنج

٣ الفاكهة الأصناف المحلية من التفاح والكمثرى والخوخ ومعظم الأصناف الأجنبية من الخوخ وبعض أصناف البرقوق الأوروبى واللوز وأصناف قليلة من البرقوق اليابانى ومعظم أنواع الموالح والسفرجل والنكتارين والمشمس والكريز المر والعنب الأوروبى والعنب الأمريكى والرمان والجوافة والبشملة (Allard ١٩٦٤، Chaudhari ١٩٧١، عبدالعال ١٩٧٧)

التلقيح الخلطى والعوامل المؤثر عليه

يعرف التلقيح الخلطى cross-pollination أو allogany بأنه انتقال حبوب اللقاح من متك زهرة إلى ميسم زهره أخرى على نبات آخر

الوسائل التى يحدث بها التلقيح الخلطى

توجد أربع وسائل رئيسية لانتقال حبوب اللقاح من المتوك إلى المياسم فى حالات التلقيح الخلطى، هى الانتقال بالماء hydrophily فى النباتات المائية، وبالحيوانات zoophily، وبالهواء anemophily، وبالحشرات entomophily وتعد الوسيلتان الأخيرتان أهم وسائل التلقيح الخلطى فى النباتات الاقتصادية. ولكل من النباتات الهوائية التلقيح والحشرية التلقيح خصائصها المميزة

تتميز النباتات الهوائية التلقيح بأنها تنتج أعدادًا ضخمة من حبوب اللقاح الصغيرة الجافة. كما تتميز بأن أزهارها صغيرة وغير مميزة. كما تكون مياسمها طويلة، ومتفرعه، أو ريشية، بغرض زيادة فرصة وصول حبوب اللقاح إليها، ومن أمثلتها . نباتات البكان. والجوز. والفستق، والزيتون، والكستنا (أبو فروة)، والبندق والسبانخ، والبنجر والسلق، والذرة يعتمد نجاح التلقيح فى هذه النباتات على إنتاجها أعدادا هائلة من حبوب القاح، فنجد – مثلا – أن نبات الذرة الواحد ينتج نحو ٢٥ مليون حبة لقاح. أو حوالى ٢٥ ألف حبة لقاح لكل بويضة فى النورة المؤنثة، أو حوالى ٦٨٠٠ حبه لقاح لكل سنتيمتر مربع من سطح الأرض بالحقل.

أما النباتات الحشرية التلقيح فإما أن تكون أزهارها ذات بتلات كبيره ملونه. وإما أن تكون لها قنابات كبيرة ملونة لجذب الحشرات، كما أنه توجد بها غدد رحيقية، تفرز سكريات، ومواد أخرى لجذب الحشرات. توجد هذه الغدد فى مكان معين من الزهرة. يسمح بأن يلامس جسم الحشرة ميسم الزهرة، عندما تقوم الحشرة بجمع حبوب اللقاح التى تكون كبيرة غالبا، ولزجة أحيانا، ومن أمثلتها عباد الشمس، والقرطم، والقنب، والخرشوف، والبقدونس، والروبارب. والكرنب، والبصل، والجزر. والقرعيات، ومعظم أصناف البرقوق اليابانية والأمريكية، والأزاليا، والبنفسج، وبعض أصناف الخوخ، والكاكى، والسابوتا.

العوامل المؤثرة فى التلقيح الحشرى

يتأثر التلقيح الحشرى بعده عوامل، من أهمها ما يلى

١ - مدى تواجد الحشرات الملقحة، وأعدادها بالنسبه للأزهار.

٢ العوامل البيئية التى تؤثر فى درجة نشاط الحشرات الملقحة وتعد درجة الحرارة أهم هذه العوامل؛ حيث ينخفض نشاط النحل بشدة فى حرارة ١٠°م، ولا يمكنه الطيران فى حرارة ٤٤°م، بينما يزداد نشاطه - تدريجيًا - بارتفاع الحرارة عن تلك الحدود

٣ - العوامل الوراثية التى يكون لها تأثير مباشر فى نسبة التلقيح الخلطى من خلال تأثيرها فى موضع الأزهار، والحجم النسبى للأعضاء الجنسية فى الزهرة، وسرعة الإزهار ووقت تفتح الزهرة، ومدى جاذبيتها للحشرات (عن Fryxall ١٩٥٧)؛ فنجد - على سبيل المثال - أن نسبة التلقيح الخلطى تختلف فى أصناف فاصوليا الليما من أقل من ١٪ لتصل إلى ١٠٠٪؛ ويرجع ذلك إلى الاختلافات الوراثية بين الأصناف، كما تتأثر النسبة فى الصنف الواحد باختلاف الظروف البيئية كذلك يعرف جين واحد مُتنح فى فول الصويا، يقلل من حيوية حبوب اللقاح؛ مما يؤدى إلى زيادة نسبة التلقيح الخلطى من أقل من ١٪ ليصل إلى نحو ١٠٪ (Bernard & Jaycox ١٩٦٩)

الظواهر المؤثرة فى نسبة التلقيح الخلطى

يحدث التلقيح الخلطى فى النباتات، نتيجة لتميزها بظواهر معينة، تزيد بعضها من فرصة حدوث التلقيح الخلطى، ويحتم البعض الآخر حدوثه كما يلى:

١ - الظواهر التى تحتم حدوث التلقيح الخلطى

يكون من المحتم حدوث التلقيح الخلطى فى الحالات التالية؛ نظرًا لاستحالة حدوث التلقيح الذاتى فى أى منها:

أ - عندما يكون المحصول وحيد الجنس ثنائى المسكن dioecious، أى توجد منه نباتات مذكرة، وأخرى مؤنثة كما فى نخيل التمر، والسبانخ، والأسبرجس

ب - عندما توجد ظاهرة العقم الذكرى male sterility، حيث لا يكون النبات قادرًا على إنتاج حبوب لقاح، أو أنه ينتج حبوب لقاح ضامرة، وعديمة الحيوية

جـ - عندما توجد ظاهرة عدم التوافق الذاتي self-incompatibility، حيث ينتج النبات حبوب لقاح خصبة، إلا أنها تكون غير قادرة على إخصاب بويضات الزهرة نفسها أو أية زهرة أخرى على النبات نفسه

٢ – الظواهر التى تزيد من فرصة حدوث التلقيح الخلطى

تزيد الظواهر التالية من فرصة حدوث التلقيح الخلطى، ولكنها لا تحتم حدوثه

أ - ظاهرة استعداد المياسم للتلقيح، وانتثار حبوب اللقاح بعد تفتح الزهرة

ب – ظاهرة اختلاف مواعيد نضج أعضاء الزهرة الجنسية Dichogamy، كأن تنضج المتوك، وتنتثر حبوب اللقاح قبل استعداد المياسم لاستقبالها، وهى الظاهرة التى تعرف باسم Protandary، كما فى الجزر والبنجر. أو أن تستعد المياسم لاستقبال حبوب اللقاح قبل تفتح المتوك، وهى الظاهرة التى تعرف باسم Protogyny. كما فى الأفوكادو وعلى الرغم من أن التلقيح الذاتى للزهرة الواحدة غير ممكن فى كلتا الحالتين إلاّ أنه هذا لا يمنع من حدوث التلقيح بين أزهار مختلفة من النبات نفسه.

جـ – عندما يختلف مستوى الميسم، بالنسبة لمستوى المتوك فى الزهرة الواحدة، وهى الظاهرة التى تعرف باسم Heterostyly

ومن أهم النباتات التى توجد فيها ظاهرة الـــ heterostyly، ما يلى (عن Liedl & Anderson ١٩٩٣):

النبات	الاسم العلمى
الحنطة السوداء **buckwheat**	***Fagopyrum esculentum***
(فاكهة استوائية)	***Arerrhoa carambola***
	A. bilimbii
الكتان	***Linum grandiflorum***
الكينين **quinine**	***Cinchona* spp.**
الكوكة (الكاوكايين) **cocaine**	***Erythroxylum coca***
	E. novogranatense
(زهور)	***Forsythia***
	Oxalis
	Narcissus

د – عندما يكون المحصول وحيد الجنس، وحيد المسكن Monoecious، وهي الحالة التي يحمل فيها نفس النبات أزهارًا مذكرة، وأخرى مؤنثه. وهو الأمر الذى يزيد كثيرا من فرص حدوث التلقيح الخلطى، ولكنه لا يمنع حدوث التلقيح الذاتي بين الأزهار المختلفة على النبات ذاته ويطلق على انفصال الجنس – سواء أكان على نفس النبات كما سبق، أم على نباتات مختلفة Dioecism – اسم Dicliny.

هـ – وجود ظواهر خاصة، أو عوامل وراثية معينة، في أصناف دون غيرها، كما سبق بيانه بالنسبة لفاصوليا الليما. وفول الصويا ومن أمثلة الظواهر الخاصة بالمحصول أن ميسم الزهرة فى البرسيم الحجازى لا يمكنه استقبال حبوب اللقاح، إلا بعد أن يتمزق الغشاء الذى يحيط به؛ حيث تنمو الأسدية والمتاع داخل ورقة زهرية غشائية، تحيط بهم تحت ضغط كبير، إلى أن يتمزق هذا الغشاء بفعل حركة النحل عليه، حينئذ يندفع الميسم والأسدية نحو الخارج؛ مما يؤدى إلى التصاق بعض حبوب اللقاح بجسم النحلة، وهو ما يساعد على حدوث التلقيح الخلطى حينما يزور النحل أزهارا أخرى

ويعد التلقيح الخلطى أكثر شيوعًا فى المملكة النباتية من التلقيح الذاتى

أمثلة لحالات التلقيح الخلطى

من الأمثلة الهامة على مختلف حالات التلقيح الخلطى ما يلى

١ – محاصيل خلطية التلقيح جزئيًا، وهى التى تتراوح فيها نسبة التلقيح الخلطى بين ١٠٪، و ٤٩٪، وتزيد فيها نسبة التلقيح الذاتى عن ٥٠٪، ومن أمثلتها القطن والذرة الرفيعة والفلفل والباذنجان والكرفس والفول الرومى والتبغ والقرطم والنرتيكيل وفاصوليا الليما والخيار والكوسة والشمام والبطيخ (وتعد المحاصيل الأربعة الأخيرة وحيدة الجنس، وحيدة المسكن) والبامية والخروع والفراولة

٢ – محاصيل خلطية التلقيح بدرجة عالية، وهى تزيد فيها نسبة التلقيح الخلطى على ٩٠٪، ومن أمثلتها ما يلى.

(أ) نباتات وحيدة الجنس ثنائية المسكن، مثل السبانخ والهليون والفستق والباباظ والنخيل

(ب) نباتات وحيدة الجنس وحيدة المسكن؛ مثل الذرة والبكان والبندق وأبو فروة والعنب والجوز

(جـ) نباتات غير متوافقة ذاتيًا أو كليًا، مثل الزيتون ومعظم الأصناف الأمريكية من التفاح والكمثرى ومعظم أصناف البرقوق اليابانى والأوروبى والكريز الحلو وبعض أصناف اللوز والمانجو والزبدية (الأفوكادو) واللوز والكرنب والقنبيط وكرنب بروكسل والبروكولى والكولارد والكرنب الصينى والكيل وكرنب أبو ركبة والفجل واللفت والروتاباجا والبنجر والشيكوريا والبطاطا والشليم

(د) نباتات يوجد فيها تفاوت فى موعد نضج الأعضاء الجنسية بالزهرة، مثل الجزر والبصل.

وتوجد – بالإضافة إلى ما سبق بيانه – محاصيل يعتمد إنتاجها الاقتصادى على الإنسان الذى يقوم بعملية التلقيح الصناعى لها؛ مثل النخيل، والقشطة، وبعض أصناف الجوز والبكان، وبعض أصناف التين (وهو وحيد الجنس ثنائى المسكن). كما توجد فواكه تتوالد بكريًّا، ولا تحتاج إلى تلقيح؛ مثل الموز (وهو وحيد الجنس وحيد المسكن) وبعض أصناف التفاح والكمثرى والكاكى والجميز والأناناس (Allard ١٩٦٤، و عبدالعال ١٩٧٧)

ولمزيد من التفاصيل عن طرق التكاثر وأسباب حدوث التلقيح الخلطى فى النباتات المزروعة يراجع Fryxall (١٩٥٧)

أوجه الاختلاف بين النباتات الذاتية التلقيح والخليطة التلقيح

إن من أهم أوجه الاختلاف فى الصفات الزهرية بين النباتات الذاتية التلقيح والخلطية التلقيح، ما يلى (عن Hamon & Koechlin ١٩٩١)

الذاتية التلقيح	الخلطية التلقيح
متوافقة ذاتيًا	غير متوافقة ذاتيًا
أزهارها قليلة	أزهارها كثيرة
أعناق الأزهار قصيرة	أعناق الأزهار طويلة

الذاتية التلقيح	الخلطية التلقيح
السبلات صغيرة	السبلات كبيرة
التويج اسطوانى أو مغلق	بتلات التويج تدور حول المحور (rotate)
البتلات صغيرة	البتلات كبيرة
البتلات كاملة الحافة	حافة البتلات ليست كذلك
الغدد الرحيقية قليلة أو معدومة	الغدد الرحيقية متوفره
الأزهار عديمة الرائحة	الأزهار ذو رائحة
لا توجد موجِّهات نحو الغدد الرحيقية	توجد موجِّهات guides واضحة نحو الغدد الرحيقية
المتوك قصيرة	المتوك طويلة
تتفتح المتوك نحو الداخل	تتفتح المتوك نحو الخارج
توجد المتوك مجاورة للميسم	توجد المتوك بعيدة عن الميسم
حبوب اللقاح قليلة العدد	حبوب اللقاح كثيرة (جدول ٢-٣)
القلم قصير	القلم طويل
يتساوى القلم مع الأسدية فى الطول	تكون الأسدية أطول أو أقصر من القلم
يكون القلم غير بارز	يبرز القلم
لا يكون الميسم ظاهرًا وتقل فيه الحلمات	يكون الميسم ظاهرا وتكثر به الحلمات
يتوافق موعد استعداد الميسم لاستقبال حبوب اللقاح مع انتثارها من المتوك	لا يتوافق موعد استعداد الميسم لاستقبال حبوب اللقاح مع انتثارها من المتوك
عدد البويضات بالزهره قليل	تكثر أعداد البويضات بالزهرة
تعطى جميع البويضات بذورا	يزيد فيها أعداد البويضات التى لا تنضج إلى بذور
تنضج جميع الثمار	لا تنضج بعض الثمار

تقدير نسبة التلقيح الخلطى

يتطلب الأمر لتقدير نسبة التلقيح الخلطى فى محصول ما أن تفحص الأجزاء الزهرية للنباتات – أولاً – لتعرف إن كان بها أية ظاهرة من الظواهر التى تحتم التلقيح الذاتى، أو تشجع عليه، أو تلك التى تحتم التلقيح الخلطى، أو تشجع عليه. كما تفيد زراعة النباتات التى تكون أزهارها كاملة (أى التى تكون بها أعضاء التذكير وأعضاء التأنيث) مفردة فى معزل، أو تكييسها، لمنع وصول الحشرات الملقحة إليها؛ لأنها إن لم تعقد بذورًا تحت هذه الظروف فإن ذلك يعنى أنها خلطية التلقيح فى الطبيعة،

أما إذا عقدت بذورا فإن ذلك يعنى أن التلقيح الذاتى ممكن. ولكنه ربما لا يكون هو القاعدة تحت الظروف الطبيعية. وأفضل الأمثلة على ذلك النباتات الوحيدة الجنس، الوحيدة المسكن الهوائية التلقيح، فهذه النباتات قد تعقد بذورا إذا زرعت فى معزل عن بعضها، رغم أنها تكون خلطية التلقيح فى الطبيعة

جدول (٢-٣) نسبة حبوب اللقاح إلى البويضات فى مختلف الأنواع النباتية مقسمة حسب نسبة التلقيح الخلطى فيها (عن Liedl & Anderson ١٩٩٣)

دليل التلقيح الخلطى(أ)	نظام التلقيح	عدد الأنواع	نسبة حبوب اللقاح إلى البويضات ± الانحراف القياسى
صفر	Cleistogamy	٦	٤,٧ ± ٠,٧
١	Obligate autogamy	٧	٢٧,٧ ± ٣,١
٢	Facultative autogamy	٢٠	٦٨,٥ ± ٢٢,١
٣	Facultative allogamy	٣٨	٧٩٦,٦ ± ٨٧,٧
٤	Allogamy	٢٥	٥٨٥٩,٢ ± ٩٣٦,٥

(أ) هذا الدليل للتلقيح الخلطى تقريبى، إلا أنه يعطى كل نسب التلقيح الخلطى من الصفر إلى التلقيح الخلطى التام

ويقدر نسبة التلقيح الخلطى فى محصول ما باختيار صنفين، يتفقان فى موعد إزهارهما، ويختلفان فى إحدى الصفات الوراثية البسيطة، التى تعطى تأثيرا مظهريا واضحا فى طور البادرة، ويزرعان متجاورين فى خطوط متبادلة. وتفضل أن تكون زراعتهما بالتبادل فى نفس الخط، وفى الخطوط المتجاورة، بحيث يكون كل نبات من أى من الصنفين محاطا من الجهات الأربع بنباتات من الصنف الآخر. وتحصد البذور فى نهاية الموسم من نباتات الصنف الذى يحمل الصفة المتنحية، ثم نزرع فى الموسم التالى، فتكون كل النباتات الحاملة للصفة السائدة قد جاءت بذورها من تلقيح خلطى. وتحسب نسبة التلقيح الخلطى على حسبان أنها ضعف نسبة النباتات، التى تكون حاملة للصفة السائدة، ذلك لأن نباتات كل صنف تمثل نصف عدد النباتات فى الحقل، فإذا وصل نبات معين من الصنف الذى يحمل الصفة المتنحية (aa) ١٠٠ حبة لقاح من الصنف الذى يحمل الصفة السائدة (AA)، فمن المتوقع أن يصل إليه - أيضا

– ١٠٠ حبة لقاح من النباتات الأخرى التى تحمل الصفه المتنحية (وهو ما يعد تلقيحا خلطيًا كذلك)، إلا أن التلقيح الخلطى مع النباتات التى تحمل الصفة السائدة يعطى نسلا ذا تركيب وراثى Aa، تظهر به الصفة السائدة، بينما يعطى التلقيح الخلطى مع النباتات التى تحمل الصفه المتنحية نسلاً ذا تركيب وراثى aa، لا يمكن تمييزه عن النسل الناتج من التلقيح الذاتى.

التنافس الجاميطى

يطلق مصطلح التنافس الجاميطى gamete competition على الحالة التى يحدث فيها تنافس بين أحد أنواع الجاميطات (المذكرة أو المؤنثة) مع جاميطات النوع الآخر. وغالبا ما تدخل الجاميطات المذكرة فى منافسة شديدة بين بعضها البعض على إخصاب الجاميطات المؤنثة التى تكون أقل كثيرا منها فى العدد

يمكن أن يؤدى التنافس بين حبوب اللقاح إلى عدم عشوائية الإخصاب

ويعمل التنافس الجميطى على زيادة فرصة الانتخاب الطبيعى، ويزيد من فرصة حدوث التلقيح الخلطى، ويقلل من فرصه التهجين بين الأنواع

ومن أمثلة حالات التنافس الجاميطى، ما يلى:

• يكون إنبات حبوب اللقاح الذرة التى تحمل أى من الآليلات: wx (waxy)، أو o2(opaque-2)، أو Rf-3 (جين مسئول عن إعادة الخصوبة restorer gene خاص بسيتوبلازم تكساس T cytoplasm) يكون إنباتها فى قلم الزهرة أبطأ من إنبات تلك التى تحمل الآليل البرى (عن Liedl & Anderson ١٩٩٣)

• يكون إنبات حبوب لقاح البسلة السكرية صنف Sugar Daddy أبطأ فى مياسم وأقلام الأزهار عن إنبات حبوب لقاح البسلة العادية من صنفى Oregon Sugarpod II، و OSU 705 أيًا كان الصنف المستخدم كأم، فبعد ٨ ساعات من التلقيح كانت حبوب لقاح البسلة السكرية قد وصلت إلى ١٣٪ من البويضات، مقارنة بـ ٥١٪ من حبوب لقاح البسلة العادية، ووصلت النسب بعد ساعتين أخريين إلى ٢٩٪، و ٦٦٪ على التوالى (McGee & Baggett ١٩٩٢)

ومن أكثر الأنواع التى سجلت فيها ظاهرة التنافس الجاميطى، ما يلى (عن Liedl & Anderson ١٩٩٣)

النبات	الاسم العلمى
الشيكوريا	*Cichorum intybus*
الكمثرى	*Pyrus communis*
التفاح	*Malus domestica*
الحور poplar	*Populus* spp.
الزنبق (السوسن) lily	*Lilum* spp.
الجيرانيم (إبرة الراعى) geranium	*Geranium maculatum*
الداتورة	*Datura* spp.
الطماطم	*Lycopersicon esculentum*
	Cassia spp.
	Passiflora
اللوبيا	*Vigna unguiculata*
فاصوليا الليما	*Phaseolus lunatus*
الورد	*Rosa hybrida*
القرع	*Cucurbita* spp.
الكاكاو	*Theobroma cacao*
القرنفل carnation	*Dianthus chinensis*

الجنس فى النباتات

حالات الجنس

إن الأزهار إما أن تكون خنثى hermaphroditic (أيضًا bisexual، و perfect، و monoclinous)، وإما أن تكون مذكرة staminate (أيضًا male)، وإما أن تكون مؤنثة pistillate (أيضًا، female، و carpellate).

أما النباتات .. فإنها تقسم – حسب حالة الجنس – إلى الفئات التالية:

١ - نباتات تحمل أزهارا كاملة فقط، مثل: التفاح والكمثرى والخوخ والبرقوق والليمون والبرتقال واللوز والكرنب والفجل والجزر والكرفس والبطاطا والطماطم والفلفل والباذنجان والفول والبامية والبسلة والورد والأراولا والقرنفل والبنفسج والقمح والأرز

٢ نباتات وحيدة الجنس وحيدة المسكن monoecious، أى تحمل أزهارا مذكرة وأخرى مؤنثة، مثل البكان والجوز والبندق وأبو فروة والخيار والكوسة والذرة

٣ -- نباتات تحمل أزهارًا كاملة، وأخرى مذكرة andromonoecious، كما فى بعض أصناف القاوون والبطيخ

٤ – نباتات تحمل أزهارًا كاملة وأخرى مؤنثة gynomonoecious كما فى بعض سلالات القرعيات

٥ - نباتات تحمل أزهارا كاملة، وأزهارًا مؤنثة، وأزهارٌ مذكرة trimonoecious كما فى بعض سلالات القرعيات

٦ – نباتات تحمل أزهارًا مذكرة فقط androecious، كما فى بعض سلالات الخيار

٧ نباتات تحمل أزهارا مؤنثة فقط gynoecious، كما فى بعض أصناف الخيار

وبالإضافه إلى ما تقدم فإن العشائر النباتية لمحصول ما قد تكون من أى من الفئات السابقة الذكر (من ١-٧)، أو قد تتكون العشيرة من نباتات مذكرة، وأخرى مؤنثة أى تكون وحيدة الجنس ثنائية المسكن dioecious (كما فى السبانخ والهليون ونخيل التمر والكاكى وبعض أصناف العنب)، أو قد تتكون من نباتات مذكرة، ونباتات تحمل أزهارًا كاملة، أى تكون androdioecious، أو تتكون من نباتات مؤنثة، ونباتات تحمل أزهارًا كاملة، أى تكون gynodioecious (Frankel & Galun ١٩٧٧) وقد تناول Geber وآخرون (١٩٩٩) موضوع انفصال الجنس فى النباتات - بالتفصيل – ومن كافة الوجوه

وراثة الجنس

تتحدد حالة الجنس فى النباتات إما بواسطة كروموسومات الجنس. وإما بواسطة جينات خاصة. ويبين جدول (٢-٣) التباينات التى وجدت فى وراثة الجنس فى النباتات الثنائية المسكن

أولاً الحالات التى يتحدد فيها الجنس بواسطة كروموسومات الجنس

يتحدد الجنس فى معظم النباتات الوحيدة الجنس ثنائية المسكن بواسطة

كروموسومات الجنس، حيث تكون النباتات المذكرة XY والمؤنثة XX، ومن بين الأنــواع النباتية التى تأكد فيها ذلك الأمر، ما يلى

Humulus lupulus	*Cannabis sativa*
Silene latifolia	*Rumex acetosella*
Asparagus officinalis	*Silene dioicia*
Salix spp.	*Elodea canadensis*
Urtica dioica	*Populus* spp.
Coccinea indica	*Spinacia oleracea*

جدول (٢-٣) بعض التباينات المعروفة فى وراثة الجنس فى النباتات الثنائية المسكن (عـــن Grant ١٩٩٩).

نظام التوارث	النوع النباتى	التركيب الوراثى للأفراد المذكرة	التركيب الوراثى للأفراد المؤنثة
جين واحد	*Ecballium elaterium*	a^D/a^d	a^d/a^d
عدة جينات	*Mercurialis annua*	$A/\text{-}\ B_1/\text{-}\ B_2/\text{-}$	$A/\text{-}\ b_1/b_1\ b_2/b_2$
		$A/\text{-}\ b_1/b_1\ B_2/\text{-}$	$a/a\ b_1/b_1\ B_2/\text{-}$
		$A/\text{-}\ B_1/\text{-}\ b_2/b_2$	$a/a\ B_1/\text{-}\ b_2/b_2$
كروموسومات الجنس [أ]			
الأنثى غير متماثلة الكروموسوم	*Fragaria elateria*	ZZ	WZ
التوازن بين كروموسوم الجنس والكروموسومات الجسمية	*Rumex acetosa*	XY_1Y_2	XX
كروموسوم Y نشط	*Silene latioflia*	XY	XX

(أ) يراجع المصدر لمزيد من التفاصيل.

وعندما تكون الأنواع متضاعفة كروموسوميًّا يبقى الاختلاف الكروموسومى بين النباتات المذكرة والمؤنثة ظاهرًا كما فى الأمثلة التالية:

النوع	النباتات المذكرة	النباتات المؤنثة
Rumex acetosella	3XY	4X
	5XY	6X
	7XY	8X
Rumex paucifolius	3XY	4X

ومن أمثلة حالات الجنس التى تتحدد كروموسوميًا، ما يلى

١ - فى الجنس *Dioscorea* spp تكون النباتات المذكرة إما XO وإما XY، بينما تكون النباتات المؤنثة XX (عن Richards ١٩٨٦)

٢ - السبانخ:

يتحدد الجنس فى السبانخ بكروموسومى الجنس X، و Y، حيث تكون النباتات المؤنثه XX والمذكرة XY، كما توجد جينات محوَّرة على الكروموسومات الأخرى للنبات (وهى الكروموسومات الجسميه autosomes)، يؤدى وجودها إلى ظهور حالات جنسية وسطية بين النباتات المذكره والمؤنثة (عن Duvic ١٩٦٦)

٣ - الأسبرجس:

يعد الأسبرجس من النباتات الوحيدة الجنس الثنائية المسكن وتبعا لدراسات Rick & Hanna (عن Ellison ١٩٨٦). فإن جنس الأسبرجس يورث كما لو كان محكوما بعامل ورانى واحد سائد لصفة الذكورة. كما أمكن التعرف على اختلافات سيتولوجية فى زوج الكروموسوم الخامس للنبات، ترتبط بحالة الجنس؛ وبذا تعرف النباتات المؤنثة بأنها XX، بينما تعرف النباتات المذكرة بأنها XY؛ هذا إلا أنه لا يمكن تمييز كروموسوما الجنس مظهريًا، ويعتقد بوجود أكثر من جين يتحكم فى صفة الجنس ويُحمل جميعها فى مجموعة ارتباطية على كروموسوم الجنس فى النبتات المذكرة. ويبدو أن كروموسوم الجنس يحمل جينا يثبط تكوين الكرابل، وجينا آخر يحفز تكوين الأسدية، ويؤدى الطفرات فى أى من الجينين إلى ظهور حالات جنسية اخرى، مثل الأزهار الكامله، والأزهار التى تخلو من الأعضاء الجنسية (عن Grant ١٩٩٩)

ثانيًا: الحالات التى يتحدد فيها الجنس بواسطة جينات خاصة

من أمثلة الحالات التى يتحدد فيها الجنس جينيًا، ما يلى

١ - الخيار

توجد سبعة جينات على الأقل تعرف بتأثيرها على الجنس فى الخيار. إلاّ أن معظم التأثيرات يتحكم فيها زوجان من الجينات العامل m (الذى يعرف - كذلك بالرمزين g، و a) ويتحكم فى صفة حمل النبات لأزهار مذكرة وأخرى خنثى

(andromonoecious). والعامل F (الذى يعرف - كذلك - بالرموز Acr، و D، و st) ويتحكم فى صفة كون النبات مؤنثًا female ويتحكم الجين M فيما إذا كان النبات سيصبح وحيد الجنس أم ثنائى الجنس، فالنباتات التى تحمل الآليل السائد M لا تنتج أزهار خنثى ويتحكم الجين F فيما إذا كان النبات سيكوّن مبايض زهرية أم لا، فالنباتات الأصيلة السائدة والخليطة فى هذا العامل يكون لديها اتجاهًا قويًّا نحو تكوين أعضاء تكاثر أنثوية. ويوجد جين ثالث (a) يتحكم فى صفة النباتات المذكرة (androecious)، ويؤثر فى نواتج فعل الجين F، ويؤدى وجود هذا الجين بحالة متنحية أصيلة (aa) إلى تكثيف الاتجاه نحو تكوين أسدية فى النباتات الأصيلة فى العامل المتنحى f

وتنتج التوافيق المختلفة من تلك الجينات أشكالاً مظهرية مختلفة، كما يلى (عن Grant ١٩٩٩):

التركيب الوراثى	الشكل المظهرى
M/-, f/f, a/a	مذكر male
M/-, f/f, A/-	وحيد الجنس وحيد المسكن monoecious
M/-, F/f, (A/- or a/a)	وحيد الجنس وحيد المسكن إلى مؤنث female
M/-, F/F, (A/- or a/a)	مؤنث
m/m, f/f, a/a	مذكر
m/m, F/f, (A/- or a/a)	يحمل أزهارًا مذكرة وأخرى خنثى andromonoecious، مع الميل نحو تكوين الأزهار الخنثى
m/m, F/F, (A/- or a/a)	خنثى hermaphroditic

وللتبسيط فإن حالات الجنس فى الخيار يتحكم فيها عاملين وراثيين، هما: M، و F، كما يلى

التركيب الوراثى	جنس الأزهار والتى يحملها النبات الواحد (حالة الجنس)
M- F-	مؤنثة فقط (gynoecious)
M- ff	مذكرة ومؤنثة (monoecious)
mm F-	خنثى (hermaphroditic)
mm ff	مذكرة وخنثى (andromonoecious)

وبينما يزيد الجين F من الصفات الأنثوية، فإنه ليس سائدا سيادة تامة، حيث يمكن أن يتأثر التركيب الوراثي الخليط F1 بالعوامل البيئية.

كذلك تتأثر وراثة الجنس في الخيار بالعوامل المحورة، فالعامل gy يؤدي وجوده في حالة أصيلة إلى زيادة فاعلية الجين F، والعامل m-2 يعمل على زيادة ظهور الأزهار الخنثى.

٢ - القاوون

يتحكم في وراثة الجنس في القاوون جينين مستقلين، هما a، و g، كما يلي:

التركيب الوراثي	جنس الأزهار التي يحملها النبات الواحد (حالة الجنس)
A-G-	مذكرة ومؤنثة (monoecious)
aa G-	مذكرة وخنثى (andromonoecious)
A- gg	مؤنثة وخنثى (gynomonecious)
aa gg	خنثى (hermaphroditic)

وتتوفر كذلك عدة جينات محورة تؤثر على حالة الجنس، بالإضافة إلى التأثير القوي للعوامل البيئية ومنظمات النمو على النسبة الجنسية (عن Liedl & Anderson ١٩٩٣).

٣ - الذرة

تعد الذرة نبات وحيد الجنس، وحيد المسكن. وقد ظهرت طفرة متنحية bs، يؤدي وجودها في حالة أصيلة bs bs إلى أن تصبح القولحة خالية من البذور barren stalk، وتكون النورة المؤنثة خالية من الحريرة، ومبايض أزهارها عقيمة، ولا تنتج بها حبوب. وبذا يصبح النبات مذكرا. كما ظهرت طفرة متنحية أخرى ts، يؤدي وجودها في حالة أصيلة كذلك ts ts إلى استبدال الأزهار في النورة المذكرة بأزهار مؤنثة، وينتج فيها حبوب، وبذا يصبح النبات مؤنثا، وينتج حبوبا في النورتين الجانبية والطرفية، ويتفوق الجين ts في تأثيره على الجين bs، بحيث يمكن تمييز التراكيب الوراثية والأشكال المظهرية التالية:

التركيب الوراثى	الشكل المظهرة
Bs- Ts-	وحيد الجنس وحيد المسكن
bsbs Ts-	مذكر
Bs- tsts	مؤنث
Bsbs tsts	مؤنث

ويعنى ذلك أنه يمكن إنتاج سلالة من الذرة وحيدة الجنس ثنائية المسكن، تكون فيها النباتات المذكرة bsbs TSts، والمؤنثة bsbs tsts، ويكون النبات المذكر هو المسئول عن تعيين الجنس، لأنه ينتج نوعين من الجاميطات ويؤدى الإكثار من هذه السلالة إلى المحافظة على نفس النسبة الجنسية فى النسل بشكل دائم (عن Burns ١٩٨٣).

ويمكن الرجوع إلى التفاصيل المتعلقة بوراثة الجنس فى النباتات الوحيدة الجنس الثنائية المسكن فى Westergaard (١٩٥٨)، وفى كل حالات انفصال الجنس فى Grant (١٩٩٩)، والوراثة الكمية للجنس فى النباتات - بصورة عامة - فى Meagher (١٩٩٩)

النسبة الجنسية وأهميتها

يعد عدد العقد على الساق - حتى ظهور أول زهرة مؤننة، أو خنثى فى القرعيات - من الصفات الوراثية الثابتة لكل صنف، وكلما قربت أول عقدة تحمل زهرة مؤنثة، أو خنثى من قاعدة الساق .. دل ذلك على ارتفاع نسبة الأزهار المؤنثة، أو الخنثى إلى الأزهار المذكرة وكل العوامل التى تزيد نسبة الأزهار المؤنثة تؤدى بطبيعة الحال إلى ظهور أول زهرة مؤنثة على عقدة أقرب لقاعدة الساق. وعلى العكس من ذلك .. فإن كل العوامل التى تزيد من نسبة الأزهار المذكرة . تؤدى إلى ظهور أول زهرة مؤنثة على عقدة بعيدة عن قاعدة الساق وترجع أهمية النسبة الجنسية إلى أن الأزهار المؤنثة هى التى تنتج الثمار، وهى تتأثر بحالة النبات، وبالظروف البيئية، ومعاملات منظمات النمو

فكلما كثر عدد الثمار التى يحملها النبات فى وقت واحد .. اتجه النبات نحو تكوين أزهار مذكرة ونجد - بصفة عامة - أن ظروف الحرارة المنخفضة، والإضاءة الضعيفة، والنهار القصير . تؤدى إلى زيادة نسبة الأزهار المؤنثة، بينما تؤدى ظروف الحرارة المرتفعة، والإضاءة العالية، والنهار الطويل إلى زيادة نسبة الأزهار المذكرة

وتؤدى معاملة نباتات القرعيات – فى طور مبكر من النمو بالماليك هيدرازيد بتركيز ٢٥٠-٥٠٠ جزء فى المليون، أو بالأوكسينات مثل نفثالين حامض الخليك NAA بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون، و ٢، ٣، ٥- ثلاثى يوديد حامض البنزويك 2,3,5-triiodobenzoic acid بتركيز ٢٥ جزءا فى المليون - إلى زياده نسبة الأزهار المؤنثه، إلا أن أكثر منظمات النمو تأثيرا فى هذا الشأن هو الإيثيفون Ethephon، حيث يؤدى رشة واحده أو عدة رشات منه بتركيز ١٢٥–٢٥٠ جزءًا فى المليون فى مراحل نمو وتكوين الورقه لحقيقية الأولى حتى الخامسة – إلى إحداث زيادة جوهرية فى نسبة الأزهار المؤنثة أو الكاملة، بينما يقل أو ينعدم – ظهور الأزهار المذكرة على العقد الخمس عشرة الأولى، ثم تعود النباتات إلى حالتها الطبيعية بعد ذلك

وتؤدى هذه المعاملة إلى زيادة المحصول المبكر، والمحصول الكلى فى القرعيات، خاصة فى المحاصيل التى تقطف ثمارها وهى صغيرة؛ مثل الكوسة والخيار، كما يمكن الاستفادة من التأثير الذى تحدثه هذه المعاملة عند إنتاج هجن القرعيات؛ حيث تعامل نباتات خطوط الأمهات، وتؤخذ البذور من الثمار التى تعقد أولاً (de Wilde ١٩٧١)

وعلى العكس من التأثير الذى تحدثه منظمات النمو إلى سبق ذكرها فإن معاملة القرعيت بنترات الفضة أو بحامض الجبرلليك GA، وبعض الجبريللبنات الأخرى يؤدى إلى إحداث زياده كبيره فى سبه الأزهار المذكرة وتفيد هذه المعامله عند إكثار بذور الأصناف المؤنثة gynoecious؛ حيث تؤدى إلى جعل هذه الأصناف وحيدة الجنس وحيده المسكن فى مراحل نموها الأولى؛ وبذلك يمكن أن تعقد الثمار، وتتكون فيها بذور تحمل أجنتها الصفة الوراثية للنباتات المؤنثة لزراعتها تجاريًا وتجدر الإشارة إلى أن هذه الاصناف، إما أنها تعقد بكريًا، فلا تحتاج إلى ملقحات فى الحقول التجارية، وإما أن بذورها تخلط بنسبة ١٠–١٢٪ ببذور أخرى من الصنف ذاته، ولكنها تكون وحيدة الجنس وحيده المسكن؛ لتوفير حبوب اللقاح اللازمة للتلقيح

الفصل الثالث

التباينات بين النباتات

أنواع التباينات وأهميتها

تقسيم التباينات إلى وراثية وبيئية

تعد التباينات المشاهدة بين أفراد النوع الواحد الأساس فى استمرار بقائها، وفى تطورها، وفى تحسينها بالتربية؛ فلولا هذه التباينات – لهكلت الأنواع النباتية منذ أمد بعيد، لدى تعرضها لظروف بيئية قاسية، أو إصابتها بآفات، يمكن أن تقضى عليها، ولما ارتقت وتطورت؛ لأن التطور لا يحدث إلا مع الانتخاب الطبيعى، الذى يعتمد على توفر التباينات، ولما أمكن تحسينها بالتربية التى لا تجرى هى الأخرى إلا فى وجود التباينات؛ ويعنى بذلك كله التباينات الوراثية genetic variations وهى التباينات التى تورّث للنسل، وتتحكم فيها عوامل وراثية (جينات أو مورثات) معينة

أما التباينات التى ترجع إلى تأثير البيئة على الشكل المظهرى للفرد – أو التباينات البيئية environmental varations – فإنها لا تورّث، ولا يكون لها أى دور فى تطور النوع أو فى تحسين المحصول بالتربية، ومن أمثلتها .. كافة التأثيرات المظهرية التى تحدثها أى من العوامل البيئية فى النباتات، سواء أكانت تلك العوامل مناسبة للنمو، أم غير مناسبة

ويطلق على الحالات التى تغير فيها البيئة من الشكل المظهرى للفرد – بحيث يصبح مماثلاً تماما مظهريًا للأفراد الحاملة للعوامل الوراثية التى تتحكم فى هذه الصفات المظهرية – اسم المظاهر النسخية phenocopies ومن أمثلتها نباتات البسلة القصيرة، التى تصبح طويلة لدى معاملها بالجبرلليين؛ فهى تعد مظاهر نسخية للنباتات التى تحمل العامل الوراثى الخاص بصفة الطول، ويكون نسلها قصيرا

تقسيم التباينات إلى وصفية وكمية

تقسم التباينات المشاهدة – كذلك – إلى وصفية qualitative variations، وكمية quantitative variations

ويعنى بالتباينات الوصفية تلك التي يمكن تقسيمها إلى أقسام، توجد بينها حدود واضحه مثل صفة المقومه للآفات حينما يكون النبات مقاوما أو غير مقاوم، وصفة اللون حينما تكون الثمرة صفراء أو حمراء، وصفة الطول حينما يكون النبات طويلا، أو قصيرا، وتكون هذه الصفات بسيطة فى وراثتها عادة – وقليلة التأثر بالعوامل البيئية

أما التباينات الكمية فإنها تشمل الصفات التي تظهر تدرجا كبيرًا، بحيث يستحيل تقسيم النباتات الى فئات مميزة توجد بينها فواصل واضحة وتقاس هذه الصفات عادة – بالطرق الكمية (مثل مقاييس الطول، والحجم، والوزن إلخ)، وتتضمن أكثر الصفات الاقتصادية الهامة، مثل كمية المحصول، وقوة النمو، وموعد النضج، ويتحكم فى كل منها – عادة – أكثر من عامل وراثى واحد، ويكون تأثرها بالعوامل البيئية كبيرا

وكمثال على اختلاف تأثر الصفات الوصفية والكمية بالعوامل البيئيه نجد أن لون الزهرة وهى صفه وصفية لا يختلف باختلاف الظروف البيئيه التي ينمو فيها النبات (إلا فى حالات قليلة، يمكن أن يتفاعل فيها أحد العوامل البيئية مع التركيب الوراثى للفرد، لإظهار لون معين)، بينما نجد أن قوة النمو – وهى صفة كمية تتأثر بشدة بالعوامل البيئية السائده، سواء أكانت جوية، أم أرضية

هذا ولا توجد أحيانا – حدود مميزة بين ما يمكن اعتباره صفات وصفية، وما تعد صفات كمية فصفة اللون قد تظهر بها كل التدرجات، من الأبيض الناصع إلى الاسود القاتم، وصفة المقاومة للأمراض قد تتدرج من القابلية التامة للإصابة إلى المقاومة التامة وإذا كان الأمر كذلك .. فإن هذه الحالات تعد - من وجهة نظر المربى من الصفات الكمية. لأنها تتماثل مع الصفات الكمية فى متطلباتها كما يمكن فى كثير من الأحيان تقسيم النباتات حسب موعد النضج – وهى صفة كمية – إلى مبكرة، ومتوسطة، ومتأخرة، ولكنها تبقى – بالرغم من ذلك – صفة كميه من وجهة نظر

المربى ويطلق على مثل هذه الصفات الكمية ذات التوزيع غير المستمر اسم Threshold characters

وقد تكون الصفة وصفية، ولكنها تقاس – كميًا – مثل صفة الطول في البسلة، حيث يمكن تقسيم النباتات إلى فئتين متميزتين: قصيرة وطويلة .. ورغم وجود تدرج في أطوال النباتات في كل فئة منهما . إلا أنه يوجد – دائمًا – حد واضح، يفصل بين أطول النباتات القصيرة، وأقصر النباتات الطويلة، ولذا تظل الصفة وصفية من وجهه نظر المربى

مصادر التباينات الوراثية

يمكن حصر المصادر الرئيسية للتباينات الوراثية فيما يلى.

١ – الطفرات Mutations

تعد الطفرات المصدر الرئيسى للتباينات المشاهدة فى الصفات ولا يمكن بدونها مشاهدة أى نوع من التباينات بين الأفراد. وتزداد التباينات بين الأفراد مع ازدياد الطفرات بها. ونجد – أحيانًا – أن طفرة واحدة فى أحد الجينات تعنى الفرق بين محصول وآخر، مثلما هى الحال فى الذرة الشامية التى تحتوى على الجين Su للإندوسبرم النشوى والذرة السكرية التى تحتوى على الآليل su للإندوسبرم السكرى. كما لا يختلف الكرنب البرى عن كل من الكرنب المزروع، والقنبيط، وكرنب بروكسل، وكرنب أبو ركبة، والبروكولى، سوى فى طفرة واحدة فى جين مسئول عن تحورات ضخمة، أو طفرات فى عدد قليل من الجينات. ولولا تدخل الإنسان لانتخاب هذه الطفرات . لما عاشت لأنها تمثل تحورات نباتية كبيرة عن الحالة البرية الأصلية، التى لا تزال موجودة فى المناطق الساحلية من أوروبا وشمال أفريقيا.

٢ – الانعزالات الوراثية Genetic Recombinaons:

بينما تحدث الطفرات بمعدلات منخفضة للغاية – فى جميع النباتات أيًا كانت طريقة تكاثرها – فإن الانعزالات الوراثية لا تحدث إلا عندما يكون التكاثر جنسيًا وتنشأ عنها تباينات عديدة بين الأفراد فيما تحويه من صفات. ولكن هذه الانعزالات لا تحدث إلا فى وجود الطفرات، أى لا تحدث إلا فى وجود أكثر من آليل allele

للجين الواحد (مثلا يعد زوج الجينات D، و d فى البسلة آليلين لجين واحد حيث يتحكم الأليل السائد منهما D فى صفة النبت الطويل، بينما يتحكم الآليل المتنحى d فى صفة النبت القصير، كما يعد العامل الوراثى W الذى يتحكم فى لون الأزهار البنفسجى فى البسلة أيضا - جينا آليليا للعامل w، الذى يتحكم فى لون الازهار البيضاء، ولكن العوامل الوراثية W و D تعد جينات غير آليلية، أى جينات مستقلة، توجد على مواضع مختلفة من الكروموسومات) وكلما ازدادت التباينات الوراثية بين الأفراد التى تتهجن مع بعضها ازدادت الانعزالات التى تظهر فى النسل

٣ - التضعف Ploidy

يعد التضاعف الذاتى والهجينى أحد المصادر المهمة للتباينات الوراثية

٤ – الهجن النوعية Interspecific Hybrids

تعد الهجن النوعيه – كذلك – إحدى المصادر المهمة للتباينات الوراثية، فهى تفيد فى نقل صفات هامة (خاصة صفات المقاومة للآفات والتأقلم على الظروف البيئية القاسيه) من نوع لآخر، خاصة من الأنواع البرية إلى الأنواع المزروعة

وقد يؤدى التهجين النوعى الى إنتاج نوع نباتى مستقل، يزرع كمحصول جديد. مثل الفراوله، التى نشأت كهجين نوعى بين النوع البرى *Fragaria virginiana*، الذى ينمو على الساحل الشرقى من أمريكا الشمالية، والنوع البرى *F chiloensis*، الذى ينمو على ساحل المحيط الهادى أجرى التهجين الأول بين النوعين الزراع الإنجليز، منذ أكثر من قرنين من الزمان، وأمكن من خلال مزيد من التهجينات فى النسل - مع انتخاب النباتات المرغوب فيها – الجمع بين صفة الإثمار والنوعية الجيدة التى توجد فى النوع *F virginiana*، وصفة الثمار الكبيرة الحجم التى توجد فى النوع *F chiloensis*، وبذا ظهرت الطرز الجديدة من الفراولة المزروعة *F × ananassa*

ولا ريب فى أنه حدثت فى الماضى تهجينات نوعية عديدة، أعقبتها تهجينات رجعيه متتاليه للهجين النوعى. ونسله مع أحد أبويه أو كليهما -- كل على انفراد نتج عنها فى نهاية الأمر نقل بعض الصفات من أحد النوعين إلى النوع الآخر، دون أن يؤثر ذلك فى الوضع التقسيمى للأنواع المهجنة وتعرف هذه الحالات باسم introgression hybridiztion، وقد يصعب معرفتها فى كثير من الحالات، التى لا

ينتقل فيها سوى عدد محدود من الجينات من نوع إلى آخر، وأقصى ما يمكن التوصل إليه حينئذ هو التكهن بأن ذلك قد حدث فى الماضى

٥ الهندسة الوراثية

أصبحت التحولات الوراثية genetic transformations التى تُجرى بطرق الهندسة الوراثية genetic engineering وسيلة هامة للحصول على تباينات وراثية جديدة مرغوب فيها فى الأنواع المحصولية؛ حيث تنقل الجينات من أى كائن حىّ إلى أى كائن آخر

٦ – "التحولات الوراثية" التى تحدث بفعل التطعيم:

أشار Taller وآخرون (١٩٩٩) إلى عدة حالات ظهرت فيها اختلافات مظهرية فى نباتات كانت مطعمة على أصول مختلفة، وثبت أنها تورّث جنسيًّا للنسل، أى إنها كانت اختلافات وراثية أحدثتها عملية التطعيم، علما بأنهم لا يتحدثون هنا عن كيميرا التطعيم، وإنما عن تباينات وراثية جديدة تمامًا وقد اعتبر الباحثون ذلك بمثابة plant transformation حدث ذلك وتكرر حدوثه فى عديد من الباذنجانيات وفى أنواع أخرى وفى الفلفل حُصل على التباينات الوراثية فى الصنف Yatsubusa عندما طعم على الأصل Spanish Paprika ومع تكرار للتطعيم (تطعيم التباينات الجديدة على الأصل) ازدادت شدة تلك التباينات الجديدة هذا ولم تحدث انعزالات مندلية فى تلك التباينات الناتجة عن التطعيم فى الجيل الأول، ولكنها كانت ثابتة وراثيًا وأوضحت اختبارات الـ RAPD وجود أجزاء من دنا الأصل فى تلك التباينات مما يدل على الانتقال المباشر للدنا من الأصل إلى جاميطات الطعم، وأن الأمر لم يكن مرده إلى تكوين طفرات جديدة وعلى الرغم من كثرة الدراسات التى نشرت من قبل مجموعة Y. Hirata، و N. Yagishita اليابانيين فى الدوريات العلمية العالمية، إلا أن الأمر مازال بحاجة إلى مزيد من الإيضاح والتفسير لكيفية حدوث تلك التباينات، فضلاً عن الحاجة إلى تأكيد تلك النتائج من قبل باحثين آخرين

التفريق بين التباينات البيئية والوراثية

يتعين على المربى – دائمًا – أن يميز بين التباينات البيئية والتباينات الوراثية فى

برامج التربية، لأن التباينات الوراثية فقط هي التي تُوَرث إلى النسل. وهي التي يمكن الاستفادة منها في تحسين المحصول، وقد يضيع على المربي موسم زراعي كامل، أو محاولات قيمة، إن لم يمكنه التمييز بين التباينات التي ترجع الى تأثير البيئة، وتلك التي تتحكم فيها التركيب الوراثي للفرد. ومن أمثلة ذلك انتخاب نبات خال من الإصابة بمرض ما، على اعتبار أنه مقاوم، بينما هو قد أفلت من الإصابة، لأسباب بيئية مثل عدم وصول المسبب المرضي إليه، أو عدم توفر الظروف البيئية المناسبة لظهور الاصابة. او انتخاب نبات قوى النمو يوجد في آخر الخط على اعتبار أنه يحمل العوامل الوراثية الخاصة بقوة النمو، بينما قد ترجع قوة نموه إلى توفر مجال وسع لنموه حيث يوجد في نهاية الخط

يعد اختبار النسل Progeny test الوسيلة الوحيدة المؤكدة للحكم على نوعية التباينات المشاهدة، من حيث كونها بيئية، أم وراثية ويجرى الاختبار بتلقيح النباتات المنتخبة ذاتياً، وحصاد بذورها كل على حدة، ثم زراعة نسل كل نبات منها في الموسم التالي في خط واحد، أو في ٣ - ٥ خطوط قصيرة موزعة عشوائيًا، ويُعد ظهور الصفة التي انتخب النبات على أساسها في نسله دليلا مؤكدا على أنه يتحكم فيها عوامل وراثية، ولا ترجع إلى اسباب بيئية

ولكن نظرا لأن اختبار النسل يعد اختبارا مكلف ويتطلب كثيرا من الوقت والجهد، لذا يمكن على المربي أن يعتمد على المنطق الاستدلالي لاستبعاد أكبر قدر من الاختلافات التي تدل الشواهد على أنها اختلافات بيئية، وان يقصر اختبار النسل على الاختلافات التي تجمع الأدلة على أنها اختلافات وراثية

ومن أهم الشواهد والأدلة التي يجب أخذها في الحسبان عند التمييز بين التباينات الوراثية والبيئية طبيعة التباينات المشاهدة، وتوزيعها في الحقل، ومدى تأثر الصفة المعنية بالعوامل البيئية. وذلك لأن التباينات النوعية تكون أقل تأثرا بالعوامل البيئية عن التباينات الكمية، ولأن تجمع النباتات التي تظهر بها الصفة المعنية في مكان واحد من الحقل يكون دليلا قويًا على أن التباينات المشاهدة بيئيه وليست وراثية

كما أن تأثير التباينات الوراثية يعتمد إلى حد كبير على طريقة تكاثر المحصول،

وعمر الصنف، ومدى العناية التى يعطاها، ذلك لأن أهم مصادر التباينات الوراثية هى الطفرات والانعزالات الوراثية، وتكون الطفرات – وهى بنسبة منخفضة المصدر الوحيد للتباينات الوراثية فى المحاصيل التى تتكاثر خضريًا، بينما يتوفر كلا المصدرين للتباينات الوراثية فى المحاصيل التى تتكاثر جنسيًا، والتى تزيد فيه فرصه ظهور التباينات الوراثية عما فى المحاصيل التى تتكاثر خضريًا وكلما ازداد عمر الصنف ازداد تراكم الطفرات به وازداد - من ثم – احتمال ظهور التباينات الوراثية فيه

وأخيرا فإن فرصة ظهور التباينات الوراثية تكون أكبر فى الأصناف غير المحسنة، وفى الزراعات القديمة غير المعتنى بنقاوتها من النباتات المخالفة للصنف (من نفس النوع المحصولى) مما فى الزراعات الحديثة، أو المعتنى بها

وغنى عن البيان . أنه توجد تباينات يعرف المربى – سلفًا – أنها بيئية، لأنها تحدث عند تعريض النبات لمعاملات خاصة، مثل تحول نبات الخيار الأنثوى إلى وحيد الجنس وحيد المسكن لدى معاملته بالجبريللين، وقوة النمو غير العادية التى تظهر فى نباتات الجيل الأول M_1 لمعاملات الإشعاع، والتغيرات التى تنشأ أحيانا نتيجة للتطعيم، والتى من أمثلتها (عن Briggs & Knowles ١٩٦٧) نباتات التبغ الخالية من النيكوتين، التى تكون مطعمة على أصول من الطماطم، ونباتات الطماطم المحتوية على النيكوتين التى تكون مطعومة على أصول من التبغ، لأن النيكوتين يصنع فى جذور التبغ، ثم ينتقل منها إلى النموات الخضرية. كما يعرف – أيضًا – أن تطعيم البطاطس المزروعة على أصول من النوع البرى *Solanun demissum* يؤدى إلى زيادة محصول درنات النوع البرى (الأصل) من ٧-١٠ جم/أصيص إلى ١٣٠-١٤٢ جم/أصيص، وقد تحدث زيادة أكبر فى محصول درنات النبات البرى لدى تكرار تطعيم البطاطس المزروعة عليه مرة أخرى، كما أن الدرنات الناتجة من هذا التطعيم تنبت بسرعة أكبر، وتعطى نباتات أبكر إزهارًا من النباتات التى تنتج من زراعة الدرنات العادية للنوع البرى، التى أنتجت دون تطعيم، ولكن محصولها يصبح عاديًا ومتماثلا وتختفى كل التأثيرات التى سبق أن أحدثها التطعيم فى جيل الإكثار الخضرى التالى

طرق التعرف على النباتات المرغوب فيها فى الأجيال الانعزالية

يصعب – أحيانا – تمييز النباتات التى تحتوى على الصفات المرغوب فيها فى الأجيال الانعزالية، حينما يكون تأثر الصفات بالعوامل البيئية كبيرا. ويجرى الانتخاب للصفات المرغوب فيها فى هذه الحالة، بعد مقارنة النباتات مع بعضها، ويستخدم لذلك أحد نظامين هما:

١ – زراعة النباتات فى خطوط متوازية، على مسافات متساوية من بعضها فى الخط الواحد grid design، ثم تقسيم الحقل إلى شرائح طولية، وانتخاب أفضل النباتات فى كل شريحه (شكل ٣-١ أ).

٢ – زراعة النباتات على مسافات موحدة من بعضها على أن تكون متبادلة الوضع فى الخطوط (زراعه رجل غراب)، وهو ما يعرف بنظام خلايا نحل العسل honey comb design (شكل ٣-١ ب) لأن كل نبات يحدد قيمته بجعله فى مركز شكل مسدس الزوايا والأضلاع (مثل خلية نحل العسل)، ثم مقارنته بكل نبات آخر داخل هذا الشكل، ولا ينتخب النبات إلا إذا كان فائقا على النباتات الأخرى التى توجد معه داخل الشكل المسدس. ويمكن زيادة شدة الانتخاب بتوسيع مساحة شكل خلية النحل.

التأقلم

يعنى بالتأقلم adaptation تلك التغيرات فى التركيب أو الوظيفه التى يمكن أن تحدث فى فرد أو عشيرة، والتى تعود إلى قدرة أكبر على البقاء، وعلى التكيف مع ظروف بيئية معينة.

ومن أهم سمات التأقلم ما يلى:

١ – إن التأقلم هو العملية التى يتم بموجبها تكيف الكائنات الحيه على التغيرات البيئية.

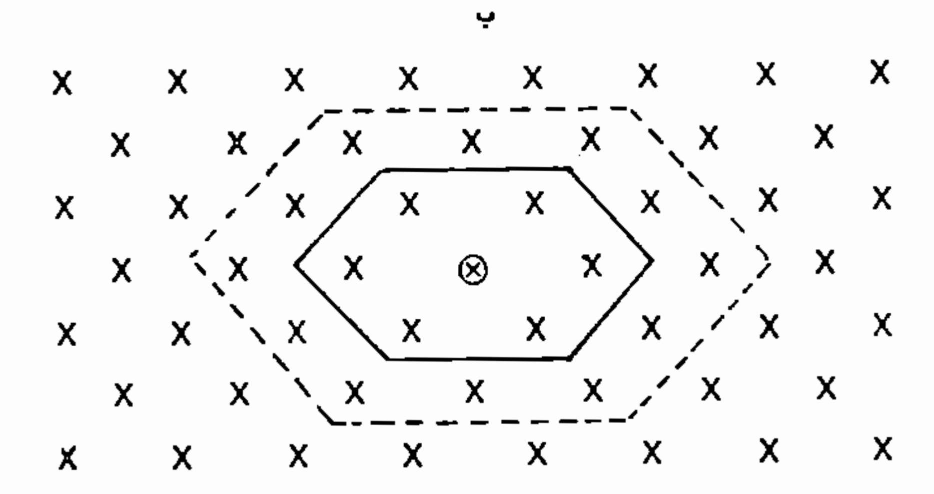
٢ – يناسب التأقلم تلك الصفات التى تفيد فى خاصية القدره على البقاء، والتى يكتسب الفرد من خلالها قدرة أكبر على التكيف والمعيشة فى ظروف بيئية معينة.

٣ – تكون القدرة على البقاء هى العامل الأهم خلال عمليه التأقلم.

٤ – يلعب الانتخاب الطبيعى دورا هاما خلال عملية التأقلم.

أ

X X | X X | X X | X X
X X | X X | X X | X X
X X | X X | X X | X X
X X | X X | X X | X X
X X | X X | X X | X X
X X | X X | X X | X X
X X | X X | X X | X X



شكل (٣-١) طرق مقارنة النباتات فى الأجيال الانعزالية مع بعضها البعض لانتخاب المتميزة منها: (أ) طريقة الشرائح الطولية grid design، و (ب) طريقة خلايا نحل العسل honeycomb design (عن Febr ١٩٨٧).

القدرة على التأقلم

تعرف القدرة على التأقلم adaptability بأنها قدرة التركيب الوراثى للفرد أو للعشيرة على التغير الوراثى حسب احتياجات التأقلم.

ومن أهم سمات القدرة على التأقلم، ما يلي:

١ - تنتج التراكيب الوراثية القادرة على التأقلم مدى ضيقًا من الأشكال المظهرية في الظروف البيئية المختلفة.

٢ - تعود القدرة على التأقلم إلى ثبات سلوك التركيب الوراثي في الظروف البيئية المتباينة.

أنواع التأقلم

يوجد نوعان رئيسيان من التأقلم على البيئة، هما:

١ - تأقلم خاص Specific Adaptation

يتميز الصنف - أو العشيرة - ذو التأقلم الخاص بتحمله لظروف بيئية خاصة، مثل الملوحة العالية، أو الحرارة المنخفضة أو المرتفعة... إلخ. تجود هذه الأصناف عادة في المناطق التي يكون الإنتاج فيها محددا بمثل هذه الظروف البيئية الحادة.

٢ - التأقلم العام General Adaptation

يتميز الصنف - أو العشيرة - ذو التأقلم العام بتحمله لظروف بيئية متباينة، وبقدرته على النمو، وإنتاج محصول جيد في مختلف الظروف. ولكن لا يكون الصنف ذو التأقلم العام ناجحًا في الحالات التي يوجد فيها انحراف حاد عن المتوسط العام في أحد العوامل البيئية، حيث يحسن في هذه الحالة استخدام أصناف ذات تأقلم خاص. ومن أمثلة الأصناف ذات التأقلم العام: أصناف القمح المكسيكية، وأصناف الأرز التي أنتجت في معهد بحوث الأرز الدولي في الفلبين، والتي نجحت زراعتها في عديد من دول العالم.

هذا.. إلاّ أن التأقلم قد يعتمد على الفرد أو على العشيرة.

ولذا .. فإن التأقلم يقسم إلى أربعة أنواع، كما يلي:

١ - تأقلم خاص للتركيب الوراثي specific genotypic adaptation

يمثل التأقلم الخاص للتركيب الوراثي قدرة التركيب الوراثي على التكيف مع ظروف بيئية محددة.

٢ – تأقلم عام للتركيب الوراثى general genotypic adaptation.

يعبر التأقلم العام للتركيب الوراثى عن قدرته على إنتاج مدى واسع من الأشكال المظهرية التى تتوافق مع ظروف بيئية متباينة.

٣ – تأقلم خاص للعشيرة specific population adaptation

يعنى بالتأقلم الخاص للعشيرة قدرة العشيرة غير المتجانسة وراثيًا على التأقلم على بيئات خاصة، كما فى حالة مخاليط الأصناف.

٤ – تأقلم عام للعشيرة general population adaptation.

يعبر التأقلم العام للعشيرة عن قدرة العشائر غير المتجانسة على التأقلم على مدى واسع من الظروف البيئية، مثل الأصناف التركيبية.

أسباب التأقلم

يرجع تأقلم الأصناف أو ثباتها إلى ما يعرف باسم الـ homeostasis، أو قدرة التركيب الوراثى على الاستجابة للتقلبات البيئية.

ويعرف من الـ homeostasis نوعان:

١ - قدرة كل فرد – على حدة – فى العشيرة على التأقلم مع الظروف البيئية السائدة وهو ما يعرف باسم التنظيم الفردى Individual Buffering، وتوجد هذه الحالة فى العشائر التى يتماثل جميع أفرادها فى تركيبها الوراثى، مثل السلالات النقية والهجن، والسلالات الخضرية، ويطلق على هذا النوع من التأقلم اسم Developmental Homeostasis

٢ – قدرة العشيرة – مجتمعة – على التأقلم مع الظروف البيئية السائدة، وهو ما يعرف باسم تنظيم العشيرة Population Buffering، وتوجد هذه الحالة فى العشائر التى تتميز بوجود اختلافات بين أفرادها فى التركيب الوراثى، مثل الهجن الزوجية فى الذرة، والأصناف الناجحة من المحاصيل الخلطية التلقيح التى تكثر بالتلقيح الخلطى الطبيعى وتتميز هذه العشائر بأن أفرادها تكون ذات تراكيب وراثية مختلفة، يصلح كل منها لظروف معينة، رغم أنها تعطى نفس الشكل المظهرى للصفات الاقتصادية الهامة، كما تتمكن التراكيب الوراثية المتباينة من استغلال مساحة الأرض، دون أن تبقى

فراغات بين النباتات، مما يسمح بالاستفادة القصوى من الطاقة الشمسية الحادثة. ويطلق على هذا النوع من التأقلم اسم Genetic Homeostasis، وتكون العشائر في هذه الحالة عرضه للانتخاب الطبيعي.

ومن ناحية أخرى .. فإن الـ homeostasis يمكن أن تقسم إلى نوعين، كما يلي:

١ - genetic homeostasis

يعني بالـ genetic homeostasis القدرة الوراثية للتركيب الوراثي على التكيف مع التقلبات البيئية، أو هي قدرة التركيب الوراثي على تحمل التقلبات البيئية، وكلما ازدادت القدرة على التكيف كلما ازداد ثبات سلوك التركيب الوراثي في مدى واسع من الظروف البيئية.

٢ - physiological homeostasis

يعني بالـ physiological homeostasis التكيف الفسيولوجي للتركيب الوراثي مع التقلبات البيئية، وهي الآليه الداخلية للفرد التي يتكيف من خلالها مع التقلبات البيئيه، وهي تكون عادة أعلى في التراكيب الوراثية الخليطه عما في التراكيب الأصيلة.

العوامل المؤثرة في القدرة على التأقلم

تتأثر قدرة التركيب الوراثي على التأقلم – في سلسلة من البيئات – بما يلي:

١ - درجة عدم التجانس الوراثي بين أفراد العشيرة heterogenity

فكلما ازدادت درجة عدم التجانس كلما ازدادت الخلفية الوراثية، وكلما ازدادت قدرة العشيره على التأقلم وازداد ثبات المحصول فيها.

٢ – درجة الخلط الوراثي heterozygosity للأفراد

فكلما ازدادت درجة الخلط الوراثي – كما في الأصناف الهجن – كلما ازدادت القدرة على التأقلم.

٣ - الـ genetic polymorphism

يعبر مصطلح genetic polymorphism عن التواجد المنتظم لعديد من الأشكال

المظهرية فى عشيرة وراثية وتستمر حالة التعدد المظهرى تلك فى العشائر بسبب تفوق الأفراد الخليطة على التركيبيين الأصيلين، وتلك حالة خاصة تعرف باسم "التعدد المظهرى المتوازن" balanced polymorphism وقد قدر أن نحو ثُلثا الجينات فى العشائر غير المتجانسة تظهر تعدُدا مظهريًا polymorphism على الرغم من صعوبة التعرف على أساس الشكل المظهرى، لكن يتم التعرف عليها بوضوح بدراسات الإنزيمات الشبيهة isozyme studies

٤ – طريقة التلقيح.

تكون الأنواع الخلطية التلقيح أكثر قدرة على التأقلم عن الأنواع الذاتية التلقيح، بسبب زيادة حالة الخلط الوراثى وعدم التجانس الوراثى فى الأنواع الأولى عن الثانية

الفصل الرابع

الصفات البسيطة وكيفية التعامل معها

تعريف الصفات البسيطة

إن الصفات البسيطة simple cheracters (أو monogenic characters) هي التي يتحكم فيها عامل وراثي واحد، يكون ذا تأثير واضح ومحدد على الشكل المظهري للفرد، وهي الصفات التي تنعزل في الجيل الثاني بنسبة ٣ سائد: ١ متنح (في حالة السيادة التامة)، وتنعزل في التلقيح الاختباري test cross (أي في التلقيح بين الجيل الأول، والأب المتنحي في الصفة)، بنسبة ١ سائد. ١ متنح.

ويميل الكثيرون إلى اعتبار الصفات التي يتحكم فيها جينين أو ثلاثة جينات رئيسية يمكن تمييز تأثيراتها عند انعزالها في الأفراد الحاملة لها بأنها صفات بسيطة كذلك، وهي تكنى باسم oligogenic characters

تكون الصفات البسيطة نوعية دائما، حتى لو أمكن قياسها كميًّا، وذلك لأنها تتميز – غالبا - بوجود حدود فاصلة في الشكل المظهري بين الأفراد المختلفة وراثيًا عن بعضها، فمثلاً قد يوجد تفاوت في أطوال نباتات البسلة نتيجة لتأثرها بالظروف البيئية، ولكن يمكن – دائمًا – التميز بين أطول النباتات القصيرة، التي يكون تركيبها الوراثي dd، وأقصر النباتات الطويلة التي يكون تركيبها الوراثي DD أو Dd ويعطى كل جين من الجينات التي تتحكم في الصفات البسيطة رمزًا خاصًا به.

قواعد إعطاء الرموز للجينات

نوجز – فيما يلي – أهم التوصيات الدولية الخاصة بقواعد إعطاء الرموز للجينات (عن Robinson وآخرين ١٩٧٦، و Greenleaf ١٩٨٦، و Bosland & Votava ٢٠٠٠).

١ – يجب أن يكون اسم الجين دالاً على الصفات المميزة للطفرة، مع استخدام أقل عدد من الكلمات لإنجليزية أو اللاتينية في الاسم

٢ – يرمز للجين بحرف أو حروف رومانية مائلة italics، بحيث يكون الحرف الأول في الرمز مطابقا للحرف الأول في اسم الجين، وقد يضاف حرف أو حرفان آخران للجينات المتشابهة في حرفها الأول لتُميز عن بعضها بعضا

٣ -- يكون الحرف الأول من الرمز كبيرًا (capital letter) إذا كانت الطفرة سائدة، وصغيرا (lowercase letter) إن كانت متنحية، أما بقية الحروف في الرمز فتكون صغيرة في كلتا الحالتين ويرمز للآليل الذى يتحكم في الصفة الطبيعية (البريه) بعلامه +، أو يعطى الرمز العادى متبوعا بعلامة + صغيرة في مستوى أعلى إلى اليمين (superscript)، وعليه يكون الآليل الطبيعي للجين السائد A هو A^+ وللجين المتنحى y هو y^+

٤ – لا يعطى أى جين جديد رمزًا خاصًا به إلا بعد أن يتأيد ذلك بانعزالات إحصائية للجين

٥ إما أن تعطى الطفرات المختلفة وراثيًا – والتي تكون متشابهة في تأثيرها المظهرى (mimics) – أسماء مختلفة، ورموزًا مختلفة، وإما أن نعطى رمزًا عامًا واحدًا ويليه شرطة (وربما لا توضع الشرطة) ثم تعطى رقمًا عدديًا أو حرفًا رومانيًا على نفس المستوى (مثلا pm-2) ويعطى الرقم ١ للجين الأول في سلسلة من هذه الجينات، ولكنه قد يذكر، وربما لا يذكر، فمثلاً يعطى الرمزان I، و I-2 للجين الذى يتحكم في المقاومة للسلاله رقم (١) من الفطر المسبب لمرض الذبول الفيوزارى في الطماطم، والجين الذى يتحكم في السلالة رقم (٢) من نفس الفطر على التوالى.

ويوصى دائمًا بإجراء اختبار الآليلية Test of Allelism قبل إعطاء رمز لأى جين في سلسلة من الجينات من هذا القبيل، وذلك لأن الجينات التي تؤثر في الصفة نفسها، والمتحصل عليها من أنواع نباتية مختلفة قد لا تكون آليلية، ويمكن في هذه الحالة – تمييزها برمز صغير يوضع في مستوى أعلى إلى اليمين (Superscript) يدل على اسم النوع ويستثنى من اختبار الآليلية الجينات التي تم التعرف عليها في أنواع species أخرى يصعب تهجينها مع النوع المعنى. ويلزم في تلك الحالات تمييز مصادر تلك الجينات الجديدة بوضوح

٦ – تعطى الآليلات المتعددة Multiple Alleles لنفس الجين رمزًا عامًا واحدًا، ويليه رقم عددى، أو حرف رومانى، يكون فى مستوى أعلى إلى اليمين (superscript). ويجب دائمًا إجراء اختبار الآليلية للتأكد من كون الجينات آليلية، أم أنها جينات مختلفة.

هذا وتستخدم الحروف الكبيرة capital letters أو الأرقام العربية Arabic Numerals للدلالة على الآليلات السائدة، بينما تستخدم الحروف الأبجدية الصغيرة للدلالة على الآليلات المتنحية.

٧ – عندما تكتشف آليلات سائدة لطفرات متنحية فإنها تعرف بحروف فوقية كبيرة؛ مثل vg^M، vg^1، و vg^H (وهى آليلات متعددة سائدة لإحدى طفرات الفلفل المتنحية)

٨ – يبين مستوى سيادة الآليلات المختلفة بالرمز ">"، مثل: $L4>L3>L2>L1>L^+$.

٩ – أما بالنسبة للأليلات التى توجد فى نفس الموقع الجينى، التى يكون لها نفس التأثير المظهرى (أى التى لا يمكن تمييزها عن بعضها بعضًا) .. فإنها تعطى نفس الرمز وتميز – عند الرغبة فى ذلك – برقم عددى، أو حرف مميز بين قوسين، يكون فى مستوى أعلى إلى اليمين

١٠ – إما أن تأخذ الجنيات المحورة modifier genes رموزًا عادية، أو أنها تعطى الوصف المناسب لما تحدثه من تأثير مثل intensifier أو upperssor أو inhibitor، ويلى ذلك شرطه، ثم رمز الآليل الذى يتأثر بها.

١١ – يكتب رمز الجين كاملا – بكل ما فيه من حروف وأرقام – بأحرف مائلة

١٢ – لا يجب أبدًا إعطاء رمز واحد لجينين مختلفين، ولا إعطاء الجين الواحد رمزين مختلفين

١٣ – تكون أسبقية النشر هى الفيصل فى الحالات التى أعطى فيها أكثر من رمز لنفس الجين، أو رمزا واحدا لأكثر من جين وتوضع الرموز التى أعطيت خطأ بين قوسين فى قوائم الجينات

ونستعرض – فيما يلى – التغيرات التى مرت بها قواعد إعطاء الرموز لجينات المقاومة للفيروسات

مرّت قواعد إعطاء الرموز لجينات المقاومة للفيروسات بعدة مراحل، لكن الاتجاه السائد كان ولا يزال تكوين الرمز من الحروف الأولى لاسم الفيرس؛ فمثلا Tm-1، و Tm-2 يرمزان لجينى المقاومة لفيرس tobbaco mosaic فى الطماطم.

وفي أحيان أخرى يأخذ الجين رمزه من طبيعة استجابة العائل للفيرس، فمثلا يرمز الجين N فى التبغ إلى الاستجابة لفيرس TMV بالتحلل الموضعى (necrotic localizing response)، ويرمز الجين I في الفاصوليا إلى الاسجابة لفيرس common mosaic virus بالتثبيط inhibition.

كذلك استخدمت الأرقام والحروف لتمييز الآليلات المختلفة فى الموقع الجينى الواحد، فمثلاً يرمز الجين $Tm-2^2$ فى الطماطم إلى آليل ثان للجين Tm-2.

واستخدمت الحروف لتمييز المصادر التى اكتشف فيها جينات المقاومة لأول مرة، فمثلا يرمز et^f إلى أن مصدر لجين et (المسئول عن المقاومة للـ tobacco etch virus) هو *C. frutescens*، بينما يرمز et^{av} إلى أن مصدر الجين et هو الصنف Avelar من *C. annuum*.

وقد اقترح Kyle & Palloix (١٩٩٧) إعطاء رمز واحد مشترك لجميع الجينات المسئولة عن المقاومة للـ poty viruses فى الفلفل، هو pvr (من poty virus resistance)، وتمييز الجينات المسئولة عن المقاومة لمختلف الـ poty viruses بأرقام تتسلسل حسب أسبقية إكتشاف كل جين، ومع تمييز مختلف الآليلات عند كل موقع جينى بأرقام علوية superscripts وفى كل الحالات يكون رمز الجين Pvr إن كان سائدا، و pvr إن كان متنحيًا.

اختبار الآليلية

ذكر اختبار الآليلية Allelism Test أثناء مناقشة قواعد إعطاء الرموز للجينات، وهو اختبار يجرى لتحديد علاقة الجين بالجينات الأخرى التى تعطى تأثيرًا مشابها،

فكثيرا ما يجد المربى نفسه أمام أكثر من مصدر لصفة من الصفات التى يرغب فى الاستفادة بها فى برنامج التربية، فقد تتوفر – مثلاً – عدة مصادر للمقاومة لمرض ما، حيث يتعين – حينئذ – معرفة إن كانت هذه المصادر تحتوى على نفس الجين الخاص بالمقاومة، أم أنها تحتوى على آليلات مختلفة لنفس الجين، أم على جينات مختلفة كلية، وترجع أهمية ذلك إلى أن المربى قد يرغب فى زيادة تركيز صفة المقاومة بإدخال أكثر من جين لها فى برنامج التربية، وقد تتحكم الآليلات المختلفة لنفس الجين فى مستويات مختلفة من المقاومة، كما قد يتحكم كل منها فى المقاومة لسلالات معينة من المسبب المرضى دون غيرها.

يجرى اختبار الآليلية بتلقيح كل مصدر للصفة مع صنف آخر، لا يحتوى على هذه الصفه، حيث يمكن – بناء على الانعزال المشاهد فى الجيل الثانى لكل تلقيح – معرفة عدد الجينات المتحكمة فى الصفة فى كل مصدر منها، ويلى ذلك . تلقيح المصادر المختلفة للصفة مع بضعها بكل الطرق المكنة، ودراسة الجيل الثانى لكل تلقيح، فإن لم تحدث انعزالات دل ذلك على اشتراكها فى نفس الجين، أو الجينات المتحكمة فى الصفة، أما إذا حدثت انعزالات فإن ذلك يكون دليلاً على أن الجينات المتحكمة فى الصفة ليست آليلية، فيدل – مثلاً – حدوث انعزال بنسبة ١٥ : ١ على احتواء كل مصدر على جين مختلف للصفة، ويدل انعزال بنسبة ٦٣ : ١ على احتواء كل مصدر على جينين مختلفين للصفة.

ونورد – فيما يلى – مثالين لاختبار الآليلة، تكثر فى كل منهما الجينات المعروفة بتحكمها فى الصفة:

١ – المقاومة للبياض الزغبى فى الخس:

أجرى Zink (١٩٧٣) ستة تلقيحات بين خمسة أصناف من الخس، لتحديد العلاقة بين جينات المقاومة للبياض الزغبى التى تتوفر فيها، وحصل على النتائج المبينة فى جدول (٤–١)

٢ – المقاومة للبياض الدقيقى فى القاوون:

تتعدد مصادر المقاومة للفطر المسبب لمرض البياض الدقيقى *Sphaerotheca fuligmea* (السلالة رقم ١) فى القاوون كما تتعدد الجينات المسئولة عن المقاومة فيها، ولدراسة

العلاقه بين تلك الجينات أجرى Floris & Alvarez (١٩٩٥) اختبار الأليلية بينها وأوضحت الدراسة أن مقاومة الصنف Negro يتحكم فيها جين واحد سائدا ومقاومة الصنف Amarillo يتحكم فيها جين واحدا بصورة أساسية، بينما بدا أن مقاومة الصنف Moscatel Grande يتحكم فيها زوجان من الجينات وقد تبين أن هذه الجينات الاربعه تختلف عن بعضها البعض. وأن جين المقاومة في الصنف Negro يختلف عن الجينات التي سبق وصفها في كل من PMR5، و PI124111، و PI124112 كذلك تبين أن جين المقاومة في Amarillo يختلف عن الجينات التي تتواجد في كل من PMR5، و PI124111، وأن عاملي المقاومة في Moscatel Grande يختلفان عن الجين المسئول عن المقاومه في PMR5 وقد اتضحت تلك الاستنتاجات لدى فحص ومقارنة النتائج التي تم التوصل إليها والمبينة في جداول (٤-٢)، و (٤-٣)، و (٤-٤)

جدول (٤-١). نتائج اختبار الأليلية لمصادر مختلفة للمقاومة للبياض الرغبي في الحمص

التلقيح	الجيل الثاني		مجموع مربع	الاحتمال (P)
	مقاوم	قابل للإصابة	كاى (χ^2)	
GL118 × Meikoningen	٤٦	١٤٦	(١ ٣) ٠,٠١١١	٠,٩٥-٠,٧٠
GL118 × Ventura	٣٣	٤٨٩	(١-١٥) ٠,٠٠٤	٠,٩٥-٠,٧٠
Calmar × Meikoningen	٧٨	١٢٥٢	(١.١٥) ٠,٣٣٧	٠,٧٠-٠,٥٠
GL118 × P. Blackpool	٢٥	٣٣٨	(١-١٥) ٠.٢٥١	٠,٧٠-٠.٥٠
Calmar × P. Blackpool	٢٢	١٤٣٨	(١ ٦٣) ٠,٠٢٩	٠.٩٥-٠.٧٠
Calmar × Ventura	١٩	١٢٦٥	(١ ٦٣) ٠,٠٥٧	٠.٩٥-٠,٧٠

الأليلات الزائفة والأليلات غير المتماثلة

يطلق مصطلح "آليلات زائفة" pseudoalleles على الآليلات التي تقع على مواقع مختلفة من جين واحد مركب gene complex، كما يطلق عليها أيضا اسم "آليلات غير متماثلة" heteroallelic، ولكن يشترط لصحة التسمية التأكد منها بالانعزالات أو بطرق أخرى

جدول (٤-٢) جينات المقاومة للسلالة رقم ١ من الفطر *Sphaerotheca fuliginea* التي سبق وصفها في جيرمبلازم القاوون بواسطة باحثين مختلفين (عن Floris & Alvarez ١٩٩٥)

الجين	الصنف أو السلالة	الفعل الجيني
Pm1	PMR45	سائد
PmA	PMR45	سائد
Pm1	PMR5	سائد
PmD & PmC[1]	PMR5	سيادة مشتركة
Pm1	PMR6	سائد
Pm3	PI124111	سائد
Pm5	PI124112	سائد
PmC[2]	PI124112	سائد

جدول (٤-٣): انعزال المقاومة للبياض الدقيقي الذي تسببه السلالة رقم ١ من الفطر *S. fuliginea* في القاوون

العشيرة	العدد الملاحظ			نسبة الانعزال	χ^2	
	المقاوم	المتوسط المقاومة	المصاب	المختبرة	القيمة	الاحتمال
Piel de Sapo (PS)	صفر	صفر	١٠			
Moscatel Grande (MG)	١٠	صفر	صفر			
Negro	١٠	صفر	صفر			
Amarillo	١٠	صفر	صفر			
Negro xPS						
F_1	١٠	صفر	صفر			
F_2	٢٥	صفر	٧	١.٣	٠,١٦	٠,٦٨٣١
BCs	١٦	صفر	١٥	١:١	٠,٣٣	٠,٧١٥٠
BCr	٢٠	صفر	صفر			
MG x PS						
F_1	١٠	صفر	صفر			
F_2	٣٠	١٦	٢	١:٦:٩	٠,٥٩	٠,٧٤٤٥
BCs	١٠	٢٢	٨	١:٢:١	٠,٦٠	٠,٧٤٠٨
BCr	٣٠	صفر	صفر			
Amarillo xPS						
F_1	٣٠	صفر	صفر			
F_2	٣٠	صفر	٩	١٠٣	٠.١٠	٠,٧٥١٨
BCs	١٦	صفر	٢٠	١ ١	٠,٤٤	٠,٥٠٥٠
BCr	٢٨	صفر	٢			

جدول (٤-٤) نتائج اختبار الآليلية للمقاومة للسلالة رقم ١ من الفطر *S. fuliginea* في القاوون

العشيرة	العدد الملاحظ			نسبة الانعزال	χ^2	
	المقاوم	المتوسط المقاومة	المصاب	المختبرة	القيمة	الاحتمال
Negro x PMR5						
F_1	١٠	صفر	صفر			
F_2	٣٨	صفر	٢	١ ١٥	٠,٣٦	٠.٥٤٨٣
BC_1 (F_1 x Negro)	٢٥	صفر	صفر			
BC_2 (F_1 x PMR5)	٢٥	صفر	صفر			
Moscatel G. x PMR5						
F_1	١٠	صفر	صفر			
F_2	٥٤	٤	٢	١ ٦ ٥٧	١.٧٤	٠,٤٢٦٤
BC_1 (F_1 x Moscatel G.)	٢٥	صفر	صفر			
BC_2 (F_1 x PMR5)	٣٠	صفر	صفر			
Amarillo x PMR5						
F_1	١٠	صفر	صفر			
F_2	٣٩	صفر	١	١ ١٥	١,٤٤	٠,٢٢٩٩
BC_1 (F_1 x Amarillo)	٢٦	صفر	٢			
BC_2 (F_1 x PMR5)	٣٠	صفر	صفر			
Amarillo x PI124111						
F_1	١٠	صفر	صفر			
F_2	٣٩	صفر	١	١ ١٥	١,٤٤	٠,٢٢٩٩
BC_1 (F_1 x Amarillo)	٢٧	صفر	٣			
BC_2 (F_1 x PI124111)	٣٠	صفر	صفر			
Negro x PI124111						
F_1	١٠	صفر	صفر			
F_2	٣٦	صفر	٤	١ ١٥	٠,٣٦	٠,٥٤٨٣
BC_1 (F_1 x Negro)	٢٦	صفر	صفر			
BC_2 (F_1 x PI124111)	٣٠	صفر	صفر			
Negro x PI24112						
F_1	١٠	صفر	صفر			
F_2	٣٨	صفر	٢	١.١٥	٠,٣٦	٠,٥٤٨٣
BC_1 (F_1 x Negro)	٣٠	صفر	صفر			
BC_2 (F_1 x PI124112)	٣٠	صفر	صفر			

حدود تأثير العامل الوراثى على الشكل المظهرى

إن الجين لا يعمل فى فراغ، فهو يؤثر ويتأثر بالجينات الأخرى الموجودة بالتركيب الوراثى للكائن الحى، ورغم أن الجين قد يكون له دور واحد فى التفاعلات الحيوية .. إلا أنه يكون له – غالبًا – عدة تأثيرات نهائية على الشكل الظاهرى للكائن الحى؛ وبذا فإن كل الجينات قد تكون ذات تأثير متعدد، ويحاول مربو النباتات الاستفادة من هذه الحقيقة فى تحديد القيمة الحقيقية للجين؛ من خلال دراساتهم على السلالات ذات الأصول الوراثية المتشابهة isogenic lines، وهى السلالات التى تحتوى على آليلات ة لجين واحد، ولكنها تكون متماثلة – تمامًا – فى جميع الجينات الأخرى

طرق إنتاج السلالات ذات الأصول الوراثية المتشابهة

تنتج السلالات ذات الأصول الوراثية المتشابهة بإحدى طريقتين، كما يلى

طريقة التهجين الرجعى Backcross Method

تجرى التربية بطريقة التهجين الرجعى بغرض نقل صفة أو صفات قليلة من سلالة برية أو صنف مزروع إلى صنف تجارى ناجح، وتعتمد على انتخاب النباتات التى تحتوى على الصفة المراد نقلها بعد التهجين الأصلى، وتهجينها رجعيًا للصنف التجارى وتكرار ذلك نحو ثمانى مرات؛ حيث نحصل – فى نهاية الأمر – على سلالة جديدة مماثلة تمامًا للصنف التجارى فى جميع العوامل الوراثية فيما عدا احتوائها على آليل مختلف للجين المطلوب معرفة تأثيره.

تتميز هذه الطريقة بأنها تسمح بتقييم تأثير الجينات فى الأصناف التجارية الناجحة، كما أن السلالة الجديدة المنتجة بالتهجين الرجعى .. قد يمكن استعمالها كصنف جديد إن كانت الصفة المنقولة إليها مرغوبًا فيها، ولكن يعاب عليها أنها لا تسمح بتقييم الجين إلا فى خلفية وراثية واحدة، وهى الخلفية الخاصة بالصنف التجارى الذى استخدم كأب رجعى، بينما قد يختلف تأثير الجين باختلاف الخلفية الوراثية للصنف الذى نقل إليه.

طريقة التلقيح الذاتى مع انتخاب النباتات الخليطة فى الجين المراد دراسة تأثيره

يسهل اتباع هذه الطريقة مع الجينات التى يكون فيها الفرد الخليط وسطًا فى صفاته

بين الأبوين – أى فى حالات السيادة غير التامه incomplete dominance – وان كانت ممكنة بيد أنها تتطلب جهدا أكبر – مع الجينات ذات السيادة التامه، وهى تعتمد على تمييز الأفراد الخليطه فى الجين المراد دراسه تأثيره، إما مباشرة فى حالات سياده غير التامة. وإما بعد اختبار النسل فى حالات السياده التامه. وتلقيحها ذاتيًا. وتكرار ذلك نحو ثمانيه اجيال، يبدأ ذلك فى الجيل الثانى للتلقيح بين صنفين يختلفان فى عدة صفات، ويحتويان على آليلين مختلفين للجين المراد دراسة تأثيره، حيث يتم انتخاب مجموعة من النباتات التى تمثل أكبر قدر من الاختلافات المشاهدة فى الصفات الحقلية أو البستانية الهامة، مع ضرورة أن تكون جميعها خليطة فى الجين موضع الدراسة ومع تلقيح هذه النباتات ذاتيًا، وتكرار ذلك فى نسل كل منها حتى الجيل السابع نحصل فى الجيل الثامن على سلالتين أصيلتين من كل سلسله من التلقيحات الذاتية، وتكون سلالتا كل زوج منها متشابهتين تماما فى جميع العوامل الوراثيه، فيما عدا اختلافهما فى احتواء إحداهما على أحد الآليلات، واحتواء الأخرى على الآليل الآخر للجين المراد تقييمه

يمكن بهذه الطريقة دراسة تأثير الجين على الشكل المظهرى فى خلفيات وراثية متنوعه، ولكن يعاب عليها أنها لا تصلح فى المحاصيل الخلطية التلقيح التى تتدهور بالتربية الداخلية (أى بالتلقيح الذاتى الصناعى) حيث تفقد نموها، وبذا لا يمكن دراسة التاثير الحقيقى للجين تحت الظروف الطبيعية، كما أن التراكيب الوراثية الناتجه من برنامج التلقيح الذاتى تكون غالبا غير صالحة للاستعمال التجارى

السلالات ذات الأصول الوراثية القريبة من التماثل

نظرا لأن إنتاج السلالات ذات الأصول الوراثية المتشابهه تماما يستغرق جهدا كبيرا وفترة زمنية طويلة لذا يكتفى الباحثون – عادة – بسلالات على درجة أقل من التشابه، يطلق عليها اسم near-isogenic lines ويتطلب إنتاج هذه السلالات عددا أقل من الهجن الرجعية مقارنة بالسلالات ذات الأصول الوراثية المتشابهة تماما عند انتاجها بالطريقة الأولى، وعددا أقل من أجيال التربيه الداخلية عند إنتاجها بالطريقة الثانيه

ويجب أن يؤخذ فى الحسبان – حينئذ – أن السلالات المنتجة ربما تختلف فى عدد قليل من الجينات التى لا يكون تأثيرها المظهرى واضحا، كذلك يصعب نقل جين واحد مرغوب فيه من نوع برى إلى نوع مزروع، دون أن تنتقل معه الجينات القريبة منه على الكروموسوم، التى ترتبط معه بشدة، وتبقى معه مهما كان عدد التهجينات الرجعية إلى النوع المزروع

أهمية السلالات ذات الأصول الوراثية المتشابهة للمربى

لبيان أهمية السلالات ذات الأصول الوراثية المشابهة فى تقدير القيمة الحقيقية للجين نستعرض دراسات Emery & Munger (١٩٧٠ أ، ١٩٧٠ ب) على الطماطم؛ فقد أنتج الباحثان سلالات ذات أصول وراثية متشابهة من ثلاثة أصناف من الطماطم، هى: فايربول Fireball، وجاردنر Gardner، وكورنل ٥٤–١٤٩ Cornell 54-149 تختلف فى العوامل الوراثية المتحكمة فى صفات النمو المحدود، والنمو غير المحدود، والنمو المتقزم، وعنق الثمرة الخالى من المفصل jointless؛ ثم قارنا هذه السلالات على مسافات زراعة مختلفة، وتدل دراساتهم على أن السلالات المحدودة النمو أنتجت محصولاً أعلى خلال الأسابيع الأربعة الأولى من الحصاد، ولكن تساوى محصولها الكلى مع محصول السلالات غير المحدودة النمو، وكان محصول كل منهما أعلى من محصول كل من السلالات المتقزمة والسلالات العديمة المفصل، كما كان محصول السلالات عديمة المفصل أعلى من محصول السلالات المتقزمة فى الأسبوع الأخير من الحصاد وقد استجابت السلالات المحدودة النمو لمسافات الزراعة الضيقة بإعطائها محصولا أعلى من السلالات الأخرى، خاصة فى الأسابيع الثلاثة الأولى من الحصاد، كما أنتجت السلالات غير المحدودة النمو والعديمة العقدة ثمارًا أكبر، ذات محتوى أعلى من المواد الصلبة الذائبة الكلية عما فى السلالات المحدودة النمو فى كل الأصناف، وفى مسافات الزراعة المستعملة (وهى ١٥ × ١٨٠ سم، و ٤٥ × ١٨٠ سم)، ولكن اختلف مقدار الفرق فى حجم الثمار. ومحتواها من المواد الصلبة الذائبة باختلاف الصنف. أما السلالات المتقزمة .. فقد أعطت ثمارًا أصغر حجمًا من السلالات غير المتقزمة إلا أن السلالتين تساويا فى محتواهما من المواد الصلبة الذائبة. وتعنى هذه النتائج .. أن جميع الجينات التى درست كانت ذات تأثير متعدد.

التأثيرات المتعددة للجين

يصعب – في بعض الأحيان – معرفة إن كـان الجـين متعـدد التأثـير (أى إنـه ذات pleiotropic effect)، أم أنه يرتبط بقوة بجينات أخرى. وبينما لا يكون لذلك أية أهمية – عمليًا – مادام المربى يحصل على الصفات المرغوب فيها، إلا أن الأمُـر يكـوُن مختلفا في حالة ظهور صفات غير مرغوب فيها مع الصفة المرغوب فيها على الـدوام؛ فينبغى في هذه الحالة الاستغناء عن الجين إن كان ذا تأثير متعـدد، أو محاولـة كسـر الارتبـاط غير المرغوب فيه إن وجد مثل هذه الارتباط (Allard ١٩٦٤).

ومن أبرز الأمثلة على التأثيرات المتعددة للجين تلك التى تحدثها الطفـرات المتنحيـة التى تنشأ فى الخوخ وتحوله إلى النكتارين ذات الثمار الملساء؛ فمثلاً ظهرت فى عـام ١٩٨٨ طفرة نكتـارين فـى صنـف الخـوخ TropicBeauty فـى بسـتان التربيـة بجامعـة فلوريدا وقد أظهرت تلك الطفرة – وهى بسيطة ومتنحية ويؤدى وجودها بحالـة أصيلـة إلى إنتاج ثمار ملساء – أظهرت قدرًا أكبر من احتياجـات الـبرودة وفـترة أقصـر لاكتمـال تكوين الثمار وفى عام ١٩٨٩ ظهرت طفرة أخرى فى أحـد فـروع سـلالة الخـوخ M3-1 فى نفس البستان، وبدا أنـها أقـرب فـى صفاتـها إلى الصفـات المميزة للنكتـارين. وقـد قورنت هاتين الطفرتين بصنفى الخوخ الأصليين، وتبين أن لكل منهما تأثـيرات متعـددة أخرى حيث كانت ثمرها أصغر حجمًا، وأكثر استدارة، وأكثر عقدًا، وكان لونـها أشـدّ احمرارًا، كما ظهرت بـها تغـيرات فـى محتواهـا مـن السـكريات والأحمـاض العضويـة مقارنة بأصليهما من الخوخ كذلك أظهرت إحدى طفرتى النكتارين تأخُرًا فـى الإزهـار، وميلاً إلى التلون الأحمر للأوراق قبل سقوطها فى الخريف (Wen وآخرون ١٩٩٥)

الانعزالات الوراثية

إن الانعزالات الوراثية Genetic Recombinations هى المصدر الرئيسـى للاختلافـات الوراثية التي يستعملها المربـى فى بـرامج التربيـة لأجـل تحسـين النباتـات، كمـا أنـها ترتبط ارتباطا وثيقا بطريقة التلقيح السائدة فـى المحصـول؛ ولـذا .. فـإن فـهم الأسـاس الوراثى للعشائر النباتية وكيفية تـداولها فى برامج التربيـة يتطلـب إلمامًـا تامًـا بكـل مـا يتعلق بالانعزالات الوراثية.

لا يحدث أى انعزال وراثى فى أفراد الجيل الأول F_1 generation مادامت الآباء المستخدمه فى التهجين أصيلة وراثيًا فى الصفات التى يراد دراستها، ويؤدى التلقيح الذاتى الطبيعى أو الصناعى إلى إنتاج نباتات الجيل الثانى، وهى التى يبدأ فيها ظهور الانعزالات الوراثية

تحدث الانعزالات الوراثية فى الجينات غير المرتبطة تبعًا لقانونى مندل، وهما:

١ – قانون الانعزال Law of Segregation:

ينعزل عاملا أى زوج من الجينات الآليلية عن بعضها عند تكوين الجاميطات دون أن يحدث بهما أى تغيير

٢ – قانون التوزيع الحر Law of Independent Assortment:

تستقل أزواج الجينات المختلفة فى إنعزالها، وتتوزع توزيعًا حرًا على الجاميطات

وراثة الصفات البسيطة

تخضع وراثة الصفات البسيطة لأى من التفاعلات الآليلية التالية .

١ – السيادة dominance:

من المعروف أن أحد الآليلات قد يسود على آليل آخر فى الموقع الجينى الواحد، وإذا وجدت عدة آليلات فى ذات الموقع، فإنها قد تتدرج فى شدة السيادة، كما يلاحظ – على سبيل المثال – فى آليلات عدم التوافق S alles فى الصليبيات، كما قد تكون السيادة جزئية partial dominance

٢ – عدم السيادة lack of dominance:

نجد فى حالة عدم السيادة أن الفرد الخليط فى تركيبه الوراثى Aa يكون وسطًا فى صفاته بين التركيبيين الوراثيين الأصيلين. AA، و aa.

٣ - السيادة الفائقة overdominance

نجد فى حالة السيادة الفائقة أن الفرد الخليط يتفوق فى صفاته – بالنقص أو بالزيادة – على الفردين الأصيلين الأقل أو الأكثر إظهارًا للصفة، على التوالى.

٤ السيادة المشتركة codominance

نجد في حاله السـيادة المشتركة أن الفـرد الخليـط Aa يُظـهر كـلا الصفتين اللتـان تظـهران فـى الـتركيبيين الوراثيـين الأصيلـين، كمـا فـى بعـض حـالات عــدم التوافـق لاسبوروفيتى

وتكون نسب الانعزالات المندلية القياسية فى التلقيحات المختلفة – فى حالـة السيادة التامة – كما يلى:

العشيرة	النسبة
الجيں الثانى لفرد خلط في جيں واحد monohybrid	٣ ١
التلقيح الاختبارى بين جيل أول خليـط فـى جـين واحـد والأب التنحـى tetecross	١ ١
الجيل الثانى لفرد خليط فى عاملين وراثيين dihybrid	٩ ٣ ٣ ١
التلقيح الاختبارى بين جيل أول خليط فى عاملين وراثيين والأب التنحى dihybrid testross	١ ١ ١ ١
الجيل الثانى لفرد خليط فى ثلاثة أزواج من العوامل الوراثية trihybrid	٢٧ ٩:٩ ٩ ٣ ٣٠٣ ١

هذا .. ويتأثر الانعزال فى الجيل الثانى بالعوامل التالية:

١ – عدد العوامل الوراثية التى يختلف فيها الآبوان

٢ – عدد آليلات كل جين ومستوى التضاعف

٣ - شدة الارتباط ودرجة العبور

كذلك تتأثر الانعزالات الوراثية بعد الجيل الثانى بمدى شدة التربية الداخلية

تأثـير عـدد العوامـل الوراثيـة التـى يختلـف فيـها الأبـوان فـى الانعزالات بالجيل الثانى

يتوقف عدد التراكيب الوراثية المنعزلة فى الجيل الثانى على عـدد العوامـل الوراثيـه التى يختلف فيها الأبوان، وهى نفسها عدد المواقـع الجينيـة التـى تكـون خليطـه فـى الجيل الأول ويبين جدول (٤-٥) عدد أنواع الجاميطـات التى تنتجها نباتـات الجيـل الأول، وعدد الأشكال المظهرية، والتراكيب الوراثية، ومجموع نسب الـتراكيب الوراثية

المتوقعة في الجيل الثاني في حالتي السيادة التامة والسيادة غير التامة، بفرض اختلاف الأبوين في عدد قدره (ن) من العوامل الوراثية. ويمكن استنباط هذه القوانين بسهولة، بحساب أعداد ونسب التراكيب الوراثية والأشكال المظهرية عند اختلاف الآباء في زوج أو زوجين أو ثلاثة أزواج من العوامل الوراثية (جدول ٤-٦) ويتضح من الجداول أن أعداد التراكيب الوراثية المنعزلة المتوقعة في الجيل الثاني تزيد زيادة كبيرة، بارتفاع عدد العوامل الوراثية التي يختلف فيها الأبوان (ن)، فنجد أنها تكون ٣ في حالة ن = ١، و ٩ في حالة ن = ٢، و ٢٧ في حالة ن = ٣، و ٨١ في حالة ن = ٤، و ٥٩٠٤٩ في حالة ن = ١٠، و ١٠٤٦٠٣٥٣٢٠٣ في حالة ن = ٢١

جدول (٤-٥) عدد انواع الجاميطات التي تنتجها نباتات الجيل الأول، وعدد الأشكال المظهرية، والتراكيب الوراثية، ومجموع نسب التراكيب الوراثية المتوقعة في الجيل الثاني في حالتي السيادة التامة والسيادة غير التامة، بفرض اختلاف الأبوين في عدد قدرة (ن) من العوامل الوراثية.

البيان المطلوب	في حالة السيادة التامة	غياب السيادة والتفوق
عدد أنواع الجاميطات التي تنتجها نباتات الجيل الأول	$ن_{٢}$	$٢^{ن}$
عدد الأشكال المظهرية المتوقعة في الجيل الثاني	$ن_{٢}$	$٣^{ن}$
عدد التراكيب الوراثية الأصيلة المتوقعة في الجيل الثاني	$ن_{٢}$	$٢^{ن}$
العدد الكلي للتراكيب الوراثية المتوقعة في الجيل الثاني	$ن_{٣}$	$٣^{ن}$
مجموع نسب التراكيب الوراثية المتوقعة في الجيل الثاني	$ن_{٤}$	$٤^{ن}$

ويمكن الحصول على نسبة أي تركيب وراثي بسهولة في الجيل الثاني من المعادلة التالية

$$\text{نسبة التركيب الوراثي المرغوب فيه} = \frac{٢^{س}}{٤^{ن}}$$

حيث تمثل "س" عدد العوامل الوراثية الخليطة في التركيب الوراثي المرغوب فيه و "ن" عدد العوامل الوراثية التي يختلف فيها الأبوان.

أما نسبة الأفراد التي تكون ذات شكل مظهري معين فإنها تساوي $\frac{٢^{ص}}{٤^{ن}}$

حيث تمثل "ص" عدد الصفات المظهرية السائدة فى الفرد المطلوب سواء أكان أصيلا، أم خليطا فى تركيبه الوراثى عند كل من هذه الصفات، وتمثل "ن" عدد العوامل الوراثية التى يختلف فيها الأبون.

جدول (٤-٦) عدد أنواع الجاميطات والتراكيب الوراثية التى ينتجها الجيل الأول والجيل الثانى – على التوالى – عند تباين أعداد الجينات التى يختلف فيها الأبوان (مع افتراض عدم وجود ارتباط بين الجينات)

عدد الجينات التى يختلف فيها الأبوان	عدد أنواع الجاميطات التى ينتجها الجيل الأول	عدد التراكيب الوراثية فى الجيل الثانى	عدد الأفراد الكلى فى الجيل الثانى
١	٢	٣	٤
٢	٤	٩	١٦
٣	٨	٢٧	٦٤
٤	١٦	٨١	٢٦٥
١٠	١٠٢٤	٥٩٠٤٩	١٠٤٨٥٧٦
٢١	٢٠٩٧١٥٢	١٠٤٦٠٣٥٣٢٠٣	٤٣٩٨٠٤٦٥١١١٠٤
ن	$٢^{ن}$	$٣^{ن}$	$٤^{ن}$

تأثير عدد آليلات كل جين ومستوى التضاعف فى الانعزالات بالجيل الثانى

كان الافتراض فى المناقشة السابقة أن النبات ثنائى المجموعة الكروموسومية، وبذا فإن الفرد الواحد لا يمكن أن يحتوى على أكثر من آليلين لكل جين، ولو تعددت آليلات الجين ولكن الأمر يختلف فى النباتات المتضاعفة، حيث يمكن أن يزيد عدد الآليلات عند كل موقع جينى، ويتوقف ذلك على درجة التضاعف، وعدد الآليلات المتوفرة من كل جين، ويتبع ذلك حدوث زيادة كبيرة فى عدد التراكيب الوراثية المكنه فى الجيل الثانى

ومع زيادة عدد الآليلات عند كل موقع جينى، يزداد عدد التراكيب الوراثية المحتمل ظهورها فى الجيل الثانى بدرجة أكبر. ففى حالة وجود عامل وراثى واحد له آليلين بكون لدينا فى الجيل الثانى تركيبيين وراثيين أصيلين، وتركيب وراثى واحد

خليط، لكن إذا ما وجد عدد k من الآليلات عند كل موقع جيني، فإنه يمكن أن يتكون لدينا عدد k من التراكيب الوراثية الأصيلة، وعدد $k(k-1)/2$ من التراكيب الوراثية الخليطة، وعدد: $k(k+1)/2$ من إجمالي التراكيب الوراثية (جدول ٤-٧). هذا ويكون تأثير الآليلات المتعددة على عدد التراكيب الوراثية التي يحتمل ظهورها أكثر وضوحا في حالات التلقيحات المركبة التي يدخل فيها عديد من السلالات التي قد تختلف فيما تحمله من آليلات.

جدول (٤-٧): عدد التراكيب الوراثية المحتمل ظهورها في الجيل الثاني عند جود آليلات متعددة للجين (بافتراض غياب الارتباط).

عدد المواقع الخليطة	عدد الآليلات في كل موقع جيني	عدد التراكيب الوراثية المحتمل ظهورها في الجيل الثاني
١	٢	٣
٢	٢	$٣^٢$
٣	٢	$٣^٣$
١	٣	٦
١	٤	١٠
١	١٠	٥٥
١	k	$[k(k+1)/2]^1$
٢	k	$[k(k+1)/2]^2$
٣	k	$[k(k+1)/2]^3$
n	k	$[k(k+1)/2]^n$

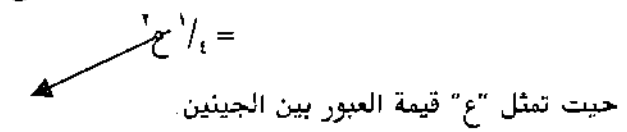
تأثير الارتباط بين الجينات في الانعزالات بالجيل الثاني

يؤثر الارتباط بين الجينات – المحمولة على نفس الكروموسوم، والتي تتواجد قريبة من بعضها البعض – على الانعزالات الوراثية التي تظهر في الجيل الثاني؛ حيث يؤدي إلى انعزالها معًا في النسل؛ مما يعني زيادة نسبة التراكيب الوراثية المماثلة للأبوين (التراكيب الأبوية) على حساب التراكيب الوراثية الجديدة (التراكيب العبورية). وذلك لأن كل كروموسوم ينتقل كوحدة كاملة أثناء الانقسام الاختزالي ويتوقف مقدار التأثير على درجة الارتباط بين الجينات، وعلى كيفية حمل الجينات المرتبطة معًا

على كروموسومات الجيل الأول، أتوجد السائدة معًا على كروموسوم، والمتنحيه معًا على لكروموسوم الآخر (لنظام الازدواجي AB/ab. coupling)، أم تتوزع الآليلات السائدة والمتنحية على الكروموسومين بالتبادل (النظام التنافرى Ab/aB repulsion)، وهو ما يتوقف بطبيعة لحال على التركيب الوراثي للآباء ويؤثر الارتباط في قيمة العبور لتى تكون دائم أقل من ٥٠ (وهى قيمة العبور فى حاله الانعزال الحر)

وتحسب نسبة التراكيب الوراثية الأصيلة السائدة AA BB أو المتنحية aa bb في الجيل الثاني بالمعادلتين التاليتين:

- نسبة التراكيب الوراتية الأصيلة السائدة أو المتنحية فى حالة النظام الازدواجى $= \frac{1}{4}(1-ع)^2$
- نسبة التراكيب الوراثية الأصيلة السائدة أو المتنحية في حالة النظام التنافرى $= \frac{1}{4}ع^2$



حيث تمثل "ع" قيمة العبور بين الجينين.

ويتضح لدى تطبيق المعادلة – أن نسبه التراكيب الوراثية الأصيلة لا تختلف بين حالتى التماثل والتنافر، عندما يكون الانعزال حرا (أى عندما تكون قيمة ع – ٥٠)، بينما تزيد نسبة التراكيب الأصيلة بزيادة قيمة العبور فى حالة النظام الازدواجى، وتقل فى حالة النظم التنافرى كما في جدول (٤–٨) والعبرة من ذلك أن الارتباط بين جينين أو أكثر يمكن أن يكون مفيدًا إذا وجدت الآليلات المرغوب فيها للجينات المرتبطة فى النظام الازدواجى، بينما يكون الارتباط معوقًا لعمل المربى إذا وجدت الآليلات المرغوب فيها للجينات المرتبطة في النظام التنافرى

أهمية الارتباط للمربي

عمليا يؤدى الارتباط إلى زيادة فرصة ظهور التراكيب الوراثية الأبوية فى الجيل الثاني، بينما يقلل من فرصة ظهور انعزالات جديدة، ويتوقف ذلك على شدة الارتباط التى تزيد بانخفاض قيمة (ع)

وقد يكون الارتباط مرغوبًا فيه أو غير مرغوب فيه، ففى النباتات غير المستأنسه، والمحاصيل حديثة العهد بالزراعه يقلل الارتباط من احتمالات تحسين المحصول

لأنه يقلل من فرصة ظهور تراكيب وراثية جديدة، قد يستفاد بها في تحسين المحصول. أما في النباتات المزروعة – منذ أمد بعيد – فإن الارتباط يكون مرغوبًا فيه، لأنه يحافظ على ثبات التراكيب الوراثية فيها .. ويكون الهدف النهائي لأى برنامج للتربية هو جمع الصفات المرغوب فيها معًا، أى تشجيع الارتباطات بين الجينات المرغوب فيها، وهو ما يتم بصورة تدريجية.

جدول (٤–٨): تأثير الارتباط في النظامين الازدواجي coupling والتنافرى repulsion على معدل ظهور التراكيب الوراثية الأصيلة السائدة AB/AB، أو الأصيلة المتنحية ab/ab في الجيل الثاني عند اختلاف قيمة العبور (ع).

قيمة العبور (ع)[أ]	نسبة ظهور التراكيب الوراثية الأصيلة السائدة، أو الأصيلة المتنحية في الجيل الثاني في حالة	
	النظام الازدواجي (AB/ab)	النظام التنافرى (aB/Ab)
٠,٥ (انعزال حر)	٦,٢٥	٦,٢٥
٠,٤	٩,٠٠	٤,٠٠
٠,٣	١٢,٢٥	٢,٢٥
٠,٢٥	١٤,٠٦	١,٥٦
٠,٢٠	١٦,٠٠	١,٠٠
٠,١٠	٢٠,٢٥	٠,٢٥
٠,٠٥	٢٢,٥٦	٠,٠٦٢٥
٠,٠٢	٢٤,٠١	٠,٠١
٠,٠١	٢٤,٥٠	٠,٠٠٢٥
ع	١٠٠ × [$\frac{1}{4}$ (١–ع)^{2}]	١٠٠ × ($\frac{1}{4}$ ع^{2})

أ– تمثل ع نسبة الجاميطات العبورية التي ينتجها الجيل الأول الخليط في روجين من العوامل الوراثية (AB/ab أو Ab/aB). وتتحدد تلك النسبة – عادة – بالتلقيح الاختبارى testcross (F_1 × ab/ab) وتكون نسبة الطرز الانعزالية في التلقيح الاختبارى هي ع. وفي النظام الازدواجي تكون الطرز الانعزالية هي Ab، و aB، بينما في حالة النظام التنافرى تكون الطرز الانعزالية هي AB، و ab.

وعندما يكون الارتباط شديدًا (عندما تقل نسبة العبور عن ١٪)، فإن الانتخاب لإحدى الصفتين المرتبطتين يكفي للانتخاب للصفة الأخرى المرتبطة معها. فمثلاً .. نجد في الشعير ارتباطًا قويًا بين صفتي المقاومة لكل من صدأ الساق والتفحم السائب ونظرًا

لأن إجراء اختبار المقاومة لصدأ الساق أسهل كثيرا من إجراء اختبار المقاومة للتفحم السائب؛ لذا يكفى – عادة – فى برامج التربية إجراء الانتخاب لمقاومة صدأ الساق، بينما يحدث الانتخاب لمقاومة التفحم السائب تلقائيًا.

تقدير نسبة العبور

لتقدير نسبة العبور يلقح الجيل الأول رجعيًا إلى الأب المنتحى فى الصفات المدروسة؛ ذلك لأنه فى حالة الانعزال الحر تكون الانعزالات الناتجة من هذا التلقيح بنسب متساوية، ولذا يعرف هذا التلقيح باسم التلقيح الاختبارى test cross. فإذا ما حصلنا من التلقيح الاختبارى Aa Bb × aa bb على انعزالات بنسبة ٤ : ١ : ١ : ٤، فإن ذلك يعنى أن التراكيب الأبوية (ذوات النسب العالية) تمثل ٨٠٪ من المجموع، بينما تمثل التراكيب الانعزالية ٢٠٪؛ ويستدل من ذلك على أن قوة الارتباط بين العاملين هى ٨٠٪ (Gardner & Sunstead ١٩٨٤).

ويبين شكل (٤–١) وراثة عدد صفوف الأزهار بالسنابل ولون القنابات فى الشعير، مع بيان تأثير الارتباط بين الصفتين فى حالتى النظام الازدواجى والتنافرى على نسبة مختلف الأشكال المظهرية فى التلقيح الاختبارى لنباتات الجيل الأول.

التفوق

فى أحيان كثيرة يُشاهد انحرافًا فى النسب الوراثية المشاهدة عن النسب الأساسية المتوقعة على أساس الانعزال الحر للجينات دون وجود أى ارتباط بين الجينات؛ وهو ما يرجع إلى حدوث تفاعل بين الجينات المختلفة (غير الآليلية)، أو ما يعرف بالتفوق epistasis. وتعرف عدة أنواع من التفاعلات غير الآليلية تؤدى إلى حدوث حالات مختلفة من التفوق.

أنواع تفاعلات التفوق

من أمثلة حالات التفوق، ما يلى:

١ – الفعل المكمل

يلزم فى حالة الفعل المكمل complementary action وجود جينين غير آليلين لظهور

الصفة. فمثلاً ، نجد في الشوفان أن المقاومة لمرض crown rust لا تظهر إلاّ في وجود آليل واحد سائد – على الأقل – من كل من الجينين A، و B؛ فيكون التركيب الوراثي A-B- مقاومًا، بينما تكون جميع التراكيب الأخرى (A-bb، و aa B-، و aa bb) قابلة للإصابة.

الآباء	النظام الازدواجي COUPLING PHASE		النظام التنافرى REPULSION PHASE	
	VP / VP صفان قرمزى	× *vp / vp* ٦ صفوف أبيض	*Vp / Vp* صفان أبيض	× *vP / vP* ٦ صفوف قرمزى
الجاميطات	*VP*	*vp*	*Vp*	*vP*
الجيل الأول	*VP / vp* صفان قرمزى	× *vp / vp* ٦ صفوف أبيض	*Vp / vP* صفان قرمزى	× *vp / vp* ٦ صفوف أبيض

نسل التلقيح الاختبارى

جاميطات الجيل الأول	جاميطات الأب	التركيب الوراثى	الشكل المظهرى	Frequency (%) Coupling	Repulsion
Vp	*vp*	*VP/vp*	صفان – قرمزى	٤٠,٣	٩,٧
vp	*vp*	*vp/vp*	٦ صفوف – أبيض	٤٠,٣	٩,٧
Vp	*vp*	*Vp/vp*	صفان – أبيض	٩,٧	٤٠,٣
vP	*vp*	*vP/vp*	٦ صفوف – قرمزى	٩,٧	٤٠,٣

° في الشعير .. تسود صفة صفين من الأزهار بالسنابل على ستة صفوف، وصفة القنابة البيضاء على القرمزية.

شكل (٤–١): وراثة عدد صفوف الأزهار بالسنابل ولون القنابات في الشعير، مع بيان تأثير الارتباط بين الصفتين في حالتي النظام الازدواجي والتنافري على نسبة مختلف الأشكال المظهرية في التلقيح الاختبارى لنباتات الجيل الأول (عن Singh ١٩٩٣).

٢ – الفعل المحور:

في حالة الفعل المحور modifying action لا يُظهر الجين تأثيره إلا في وجود جين آخر في موقع جيني آخر. فمثلاً نجد في الذرة أن الجين Pr يجعل طبقة الأليرون

حمراء سوى في وجود جين حر سائد هو R، ولكنه يكون عديم التأثير في وجود الاليل المتنحي rr. فيكون PrR قرمزي، و pprR أحمر، و Pr-rr و pprr عديمة اللون

٣ - الفعل المثبط

نجد في حالة الفعل المثبط inhibiting action أن أحد الجينات قد يعمل كمثبط لظهور فعل جين حر. فمثلا لا يؤثر الجين R الخاص باللون الأحمر لحبة الأرز في البذرة في وجود جين مثبط سائد هو I. فنجد أن التركيب الوراثي ii R يكون أحمر اللون، بينما يكون التراكيب الوراثية (R I و rrI و rrii) بيضاء اللون

٤ - فعل الحجب أو الإخفاء

نجد في حالة فعل الحجب masking action أن أحد الجينات يحجب أو يخفي تأثير جين حر عندما يتواجدان معا. فمثلا نجد في السودان أن الجين السائد Y يعطي غطاء بذرة بلون أصفر، وأن جين آخر B يعطي غطاء بذرة بلون أسود، إلا أن الجين Y لا يظهر تأثيره في وجود الجين B لأن لون الغطاء البذري الأسود يخفي اللون الأصفر. فتكون التراكيب الوراثية B Y و Byy سوداء، و bb Y صفراء و bbyy بيضاء.

٥ - الفعل المتماثل

نجد في حالة الفعل المتماثل duplicate action أن أي من الجينين قد يعطي تأثير متشابه، كما قد يظهر نفس التأثير عند وجودهما معا. فمثلا نجد أن ثمرة كيس الراعي (وهي كبسولة) تكون مثلثة الشكل في وجود أليل واحد سائد على الأقل من أي من الجينين C، و D، بينما تكون الثمرة بيضية الشكل في التركيب الوراثي المتنحي الأصيل في الجينين، فنجد أن التراكيب الوراثية C D، و C dd، و ccD ذات ثمار مثلثة، بينما يكون التركيب الوراثي المتنحي الأصيل ccdd ذات ثمار بيضية الشكل

٦ - فعل الإضافة

في حالة فعل الإضافة additive effect يعطي كل جين نفس التأثير، إلا أن تأثيرهما معا يكون متجمع. فمثلا نجد في الشعير أن أيا من الجينين A، أو B يعطي سفا متوسط الطول. بينما يعطي الأليلان السائدان معا سفا طويلا، ويعطي الأليلان المتنحيان

سنابل تخلو من السفا؛ فنجد أن -A-B ذات سفا طويل، و A-bb، و aabb بهما سفا متوسط الطول، و aabb عديم السفا.

٧ – التأثير المتعدد للجين:

تؤثر الجينات ذات التأثير المتعدد pleiotropic genes على أكثر من صفة في الفرد (عن Poehlman & Sleper ١٩٩٥).

الانعزالات المتوقعة فى مختلف حالات التفوق

عندما يكون لدينا زوجان من العوامل الوراثية، فإن الانعزالات المتوقعة في مختلف حالات التفوق تكون كما يلي:

حالة التفوق	النسبة الانعزالية المظهرية
التفوق المتنحى **Recessive epistasis**	٩:٣:٤
التفوق السائد **Dominant epistasis**	١٢:٣:١
التفوق المتنحى متماثل التأثير **Recessive duplicate epistasis**	٩:٧
التفوق السائد متماثل التأثير **Dominant duplicate epistasis**	١٥:١
التفوق السائد والمتنحى **Dominant and recessive epistasis**	١٣:٣
التفوق متماثل التأثير غير الكامل **Incomplete duplicate epistasis**	٩:٦:١

فإذا كان الانعزال في الجيل الثاني لزوجين من العوامل الوراثية (-A-B) – في حالة غياب التفوق والارتباط – هو: A-B- 9، ٣ A-bb، ٣ -aaB : ١ aabb، فإن الانعزال في حالات التفوق المختلفة يكون كما يلي (علمًا بأن التراكيب الوراثيين التي بين القوسين تكون متماثلة في شكلها المظهري):

١ – التفوق المتنحى: -A-B : A-bb :(-aabb + aaB).

٢ – التفوق السائد: (-A-bb + A-B) :-aabb: aaB.

٣ – التفوق المتنحى متماثل التأثير: -A-B :(aabb+ aaB- + A-bb).

٤ – التفوق السائد متماثل التأثير: (-aaB- + A-bb + A-B) :aabb.

٥ – التفوق السائد والمتنحى: (-aabb + A-bb + A-B) :-aaB،

أو : (-aabb + aaB- + A-B) :A-bb.

٦ – التفوق متماثل التأثير غير الكامل: -aabb: (aaB- + A-bb): A-B.

قوة الجين فى إظهاره للصفات التى يتحكم فيها

تتحدد قوة الجين في إظهاره لتأثيره من خلال خاصيتين، كما يلى

القدرة على إحداث التأثير

يطلق مصطلح penetrance على قدرة الجين على بإظهار لتأثيره فى الأفـراد الحاملـة له فمثلا يوجد فى فاصوليا الليما جينًا يحدث نقصا جزئيًا فى الكلوروفيـل بـالأوراق الفلقية، ولكنه لا يظهر سوى فى حوالى ١٠٪ من الأفراد الحاملة لـه وتعـرف الحـالات التى لا يظهر فيها تأثير الجين إلاّ فى بعض الأفراد الحاملة له فقـط باسـم incomplete penetrance، وأحيانا يكون مرد ذلك الحاجة إلى التعرض لظروف بيئية معينة

وتعرف الصفات التى لا تظهر فى الأفراد الحاملة لها إلاّ إذا تعرضت لظـروف بيئيـة معينة باسم threshold characters، فمثلاً توجد طفرة ألبينو فى بادرات الشعير تظهر فقط فى حرارة تقل عن ٨°م، وفى حرارة تزيد عن ١٩°م تكون البادرات الحاملـة للجـين الطفر خضراء تماما وتنمو بصورة طبيعية

وعمليًا لا تظهر كثير من الصفات – ولا يمكن التعرف على النباتات الحاملـة لهـا إلا عنـد توفـر ظـروف خاصـة يتـم توفيرهـا فـى برامـج التربيـة بتعريـض النباتـات لاختبارات خاصة، كما فى حالات المقاومة للأمراض والآفات، والرقاد، وتحمل الحرارة والبرودة إلخ

القدرة على التعبير

يطلق مصطلح القدرة علـى التعبيـر expressivity علـى مـدى تجـانس ظـهور الصفـة الخاصة بجين معين فى الأفراد الحاملة له، فقد يكون ظـهور الصفـه متجانسـا فـى كـل الأفـراد، وتلـك حالـة uniform expressivity، وقـد لا يكـون متجانسـ، وتلـك حالـة variable expressivity، فمثلاً نجد أن الجين المسئول عن النقص الجزئى للكلورفيـل فى الأوراق الفلقية للفاصوليا الليما قد يؤدى – حال ظهور تأثـيره – إلى نقص متجـانس فى الكلوروفيل فى كل الورقـه الفلقية، أو فى قمتها فقـط، أو فـى حـوافهـ، علمـا بـأن تلك التباينات فـى نقـص الكلوروفيـل لا تـورث، حيـث إن مـا يـورث هـو صفـة نقـص الكلوروفيل بكل تبايناتها

وفي أغلب الحالات .. نجـد أن الجينات التي لا يمكنها إظهار تأثيرها بنسبة ١٠٠٪ (حالات الـ incomplete penetrance) تكون – كذلك – غير متجانسة في التعبير عن الصفة (تكون ذات variable expressivity)، وترجع كلتا الظاهرتين إلى التأثير القوى للبيئة على فعل الجينات، ولاشك أنهما يعقدان برامج التربية، حيث يلزم إجراء اختبار النسل لأكثر من جيل للتأكد من حمل الأفراد المنتخبة للجينات المرغوب فيها

حساب الحد الأدنى لعدد النباتات التي تلزم زراعتها للحصول على التركيب الوراثي المرغوب فيه

يهتم المربى بزراعة عدد كاف من النباتات في الأجيال الانعزالية، لكي يضمن الحصول على نبات واحد –على الأقل– من التركيب الوراثي المرغوب فيه، وتستخدم معادلة Mainlane (عن Watts ١٩٨٠) لحساب الحد الأدنى لعدد النباتات التي ينبغي زراعتها كما يلي:

$$N = \log_e F(P/2)$$

حيث تمثل N عدد النباتات التي تلزم زراعتها، و P مقلوب احتمال ظهور التركيب الوراثي المرغوب فيه في الجيل الانعزالي، و F احتمال المخاطرة بعدم العثور على التركيب الوراثي المطلوب (احتمال الفشل) علمًا بأن لوغاريتم احتمالات الفشل للأساس (e) .. (أى قيمة $\log_e F$) تكون: ٢,٣، عندما يكون مستوى احتمال الفشل المسموح به ٠,١، و ٢,٩٩٦ عند مستوى احتمال فشل قدره ٠,٠٥، و ٤,٦ عند مستوى احتمال فشل ٠,٠١، و ٦,٩ عندما يكون مستوى احتمال الفشل ٠,٠٠١ .

أما عندما يحتاج المربى إلى عدد أكبر من النباتات من التركيب الوراثي المرغوب فيه . فإنه يستخدم لذلك معادلات أخرى، مثل معادلة J. R Sedcole (عن Fehr ١٩٨٧)، وهي كما يلي:

$$n = \frac{[2(r-0.5) + Z^2(1 - q)] + z[Z^2(1 - q)2 + 4(1 - q)(r - 0.5)]^{1/2}}{2q}$$

حيث تمثل n العدد الكلى للنباتات التى يتعين زراعتها، و r العدد المطلوب من النباتات ذات التركيب الوراثى المرغوب فيه، و q نسبة (معدل) ظهورها فى النسل، و P احتمال الحصول على العدد المطلوب منها، و z قيمة محسوبة تقابل الاحتمال P علما بأن قيمة z تكون ١٦٤٥ ١ فى حالة P = ٠,٩٥، و ٢٣٢٦ ٢ عند P = ٠,٩٩

وتجدر الإشارة إلى أن المعادلتين السابقتين يمكن استعمالهما - كذلك فى كل الحالات المماثلة، فهما تستخدمان - مثلاً – فى حساب الحد الأدنى لعدد النباتات التى تلزم زراعتها، للعثور على نبات واحد، أو عدد معين من النباتات المصابة بمرض ما إذا علمت نسبة إصابة البذور بذلك المرض

وقد استخدم Sedcole معادلة أخرى أكثر دقة وتعقيدا فى التوصل إلى الأرقام المبينة فى جدول (٤–٩)، وهى أعداد النباتات التى يتعين زراعتها، للعثور على عدد معين من تركيب وراثى مرغوب فيه، عندما تكون احتمالات ظهورها حسب النسب المبينة فى الجدول (وهى أكثر شيوعا)، ومع احتمال قدره ٠,٩٥ أو ٠,٩٩ للحصول على العدد المطلوب من النباتات ذات التركيب الوراثى المرغوب فيه، ويتبين من الجدول أن أعداد النباتات التى يتعين زراعتها تزيد زيادة كبيرة عند خفض احتمال المخاطرة، بعدم ظهور التركيب الوراثى المرغوب فيه من ٥٪ إلى ١٪، وعند انخفاض النسبة المتوقعة لظهور التركيب الوراثى المرغوب فيه، ومع زيادة العدد المطلوب من النباتات

ويجب أن تؤخذ نسبة إنبات البذور فى الحسبان عند حساب عدد البذور التى يتعين زراعتها ويحسب عدد البذور التى تلزم زراعتها بقسمة العدد المحسوب من النباتات (بواسطة المعادلات) على نسبة إنبات البذور

اختبار مربع كاى

يستخدم اختبار مربع كاى فى المجالات التالية

١ – لمطابقة النسب المشاهدة للانعزالات الوراثية مع النسب المتوقعة

٢ لاختبار مدى استقلالية النتائج المشاهدة، مثل اختبار ما إذا كانت نسب النباتات المصابة، وغير المصابة بمرض ما تختلف أو لا تختلف – جوهريًا فى مجموعة من الأصناف

٣ – لاختبار إن كانت مجموعة من العينات تنتمى الى عشيرة واحدة، أم لا

جدول (٤-٩) الحد الأدنى لعدد النباتات التي تلزم زراعتها في العشائر الانعزالية؛ حتى يمكن الحصول منها على عدد معين من نباتات ذات تركيب وراثي مرغوب فيه، عند اختلاف النسبة المتوقعة لظهورها في العشيرة، واختلاف احتمالات النجاح الإحصائية، المتوقعة لتحقيق ذلك

P[أ]	q[ب]	عدد النباتات التي تجب زراعتها عندما يكون عدد النباتات المطلوبة من التركيب الوراثي المرغوب فيه (r) كما يلي: ١	٢	٣	٤	٥	٦	٨	١٠	١٥
٠.٩٥	١/٢	٥	٨	١١	١٣	١٦	١٨	٢٣	٢٨	٤٠
	١/٣	٨	١٣	١٧	٢١	٢٥	٢٩	٣٧	٤٤	٦٢
	١/٤	١١	١٨	٢٣	٢٩	٣٤	٤٠	٥٠	٦٠	٨٤
	١/٨	٢٣	٣٧	٤٩	٦٠	٧١	٨٢	١٠٣	١٢٣	١٧٢
	١/١٦	٤٧	٧٥	٩٩	١٢٢	١٤٤	١٦٦	٢٠٨	٢٤٨	٣٤٧
	١/٣٢	٩٥	١٥٠	٢٠٠	٢٤٦	٢٩١	٣٣٤	٤١٨	٥٠	٦٩٧
	١/٦٤	١٩١	٣٠٢	٤٠١	٤٩٤	٥٨٤	٦٧١	٨٣٩	١٠٠٢	١٣٩٧
٠.٩٩	١/٢	٧	١١	١٤	١٧	١٩	٢٢	٢٧	٣٢	٤٥
	١/٣	١٢	١٧	٢٢	٢٧	٣١	٣٥	٤٤	٥٢	٧١
	١/٤	١٧	٢٤	٣١	٣٧	٤٣	٤٩	٦٠	٧٠	٩٦
	١/٨	٣٥	٥١	٦٤	٧٧	٨٩	١٠١	١٢٤	١٤٦	١٩٨
	١/١٦	٧٢	١٠٤	١٣٢	١٥٨	١٨٢	٢٠٦	٢٥٢	٢٩٦	٤٠٢
	١/٣٢	١٤٦	٢١٠	٢٦٦	٢١٨	٢٦٨	٣١٦	٥٠٨	٥٩٧	٨٠٩
	١/٦٤	٢٩٣	٤٢٣	٥٣٥	٦٤٠	٧٣٩	٨٣٥	١٠٢٠	١١٩٨	١٦٢٣

[أ] p = احتمال الحصول على العدد المطلوب من النباتات ذات التركيب الوراثي المرغوب فيه.

[ب] q = نسبة النباتات ذات التركيب الوراثي المرغوب فيه في الجيل الانعزالي.

استخدام اختبار مربع كاي في مطابقة نسب الانعزالات الوراثية المشاهدة على النسب المتوقعة:

يستخدم اختبار مربع (كا٢، χ^2، أو chi square test) في معرفة إن كانت النسب أو القيم المشاهدة للانعزالات الوراثية هي حقيقة مشابهة للنسب المندلية أو القيم المتوقعة،

ويحصل على مربع كاى عن طريق إيجاد الانحراف للقيم المشاهدة عن المتوقعة لكل حد من حدود النسبة، ثم تربيع كل انحراف، وقسمته على القيمة المتوقعة لحده، ثم جمع هذه القيم مع بعضها، فيكون حاصل الجمع هو مربع كاى أى إن:

$$\text{مجموع مربع كاى} = \text{مجموع} \left[\frac{(\text{المشاهد} - \text{المتوقع})^{2}}{\text{المتوقع}} \right]$$

ويحدد بعد ذلك احتمال حدوث مثل هذه القيمة من جدول توزيع مربع كاى (جدول ٤-١٠) عند العدد المناسب لدرجات الحرية (وهو يساوى عدد فئات الأشكال المظهرية المنعزلة-١) فلو فرض - مثلا - إن كانت قيمة مربع كاى لصفة بسيطة فى الجيل الثانى هى ٠.٣٢٢ فعلى أى شئ تدل هذه القيمة ؟، وكيف نحدد إن كانت النسبة المشاهدة هى حقيقة تمثل النسبة ٣ : ١ يلاحظ من جدول توزيع مربع كاى أن قيمة ٠.٣٢٢ لدرجة حرية تساوى واحد، تقع بين القيمتين ٠.١٦ لاحتمال ٠.٩٠، ٠.٤٥٥ لاحتمال ٠.٥٠ أى أن قيمة مربع كاى المحسوبة تقع بين درجتى احتمال ٥٠٪ و ٩٠٪ ويعنى ذلك أن إعادة هذه التجربة سينتج انحرافات ترجع إلى الصدفة تشابه - فى كبرها - الانحرافات المشاهدة - غالبا - أقل من مرة فى الخمسين، ولكنها - غالبا - تكون أكبر من مرة فى التسعين، وبذا يمكن اعتبار أن هذا الانحراف المشاهد يرجع إلى العينة أو إلى المصادفة، وبمعنى آخر فإن هذا الانحراف غير معنوى

وعادة ما تفسر النتائج حسب موقع مجموع مربع كاى من الاحتمالات فى جدول توزيع مربع كاى على النحو التالى:

١ - إذا كانت درجة الاحتمال ٠.٠٥ (أى ٥٪) أو أقل فإن ذلك يعنى أن النتائج المتحصل عليها غير مطابقة للنظرية الافتراضية المقترحة، وأن الانحرافات المشاهده تعد انحرافات معنوية، لا ترجع إلى المصادفة فقط، كما تعد النظريه الافتراضية غير مرضية

٢ - إذا كانت درجة الاحتمال أكبر من ٠.٠٥ حتى ٠.٩٠ فإن ذلك يعنى إن الانحرافات المشاهدة غير معنوية، وأنها ترجع إلى المصادفة. وبذا تكون النظرية الافتراضية التى حسبت القيم المتوقعة على أساسها متفقة مع النتائج أو القيم المشاهدة

٣ - إذا كانت درجة الاحتمال أكبر من ٠.٩٠ حتى ٠.٩٥ فإن ذلك يعنى وجود تقارب شديد غير طبيعى بين النتائج المشاهدة والنظرية الافتراضية

٤ – أما إذا كانت درجة الاحتمال أكبر من ذلك . فإن ذلك يثير الشك حول النتائج فى احتمال وجود تحيز بوعى، أو بدون وعى لمطابقة النتائج المشاهدة مع النظرية الافتراضية

ويعنى اتخاذ درجة الاحتمال ٠,٠٥ كأساس لقياس مطابقة النتائج المشاهدة مع النظرية الافتراضية أن فرصة رفض نظرية صحيحة لا تزيد على ٥٪، بينما لا تزيد فرصة رفض نظرية صحيحة على ١٪ إذا اتخذت درجة احتمال ٠,٠١ كأساس . بينما توجد فى هذه الحالة فرصة أكبر لقبول نظرية غير صحيحة

وتجب مراعاة الأمور التالية عند تطبيق اختبار مربع كاى

١ – لا يكون الاختبار حساسًا للعينات الصغيرة، فمثلاً . يكون الانحراف عن النسبة ١.١ غر مقبول، حسب اختبار مربع كاى، إذا كانت النسبة المشاهدة ٣٠٢، بينما يكون مقبولاً إذا كانت النسبة المشاهدة ٢٠ : ٣٠، ويمكن القول .. إنه لا يمكن تطبيق الاختبار – بدقة – على التوزيعات التى يقل فيها عدد الأفراد عن خمسة أفراد فى أى من الفئات.

٢ – يزيد احتمال جوهرية النتائج كلما قرب الفرق المتوقع بين النسب، فمثلاً يحتاج الاختبار إلى عينة أصغر حجمًا، عندما يكون الانعزال بنسبة ١٠١ عما لو كان بنسبة ١٥ : ١.

٣ – لا يمكن تطبق اختبار مربع كاى – بدقة – على النسب المئوية، أو النسب المأخوذة من تكرارات عددية، ولكن الاختبار يطبق على التكرارات العددية ذاتها، فمثلاً . إذا شوهد فى تجربة سبعة أفراد من طراز معين، وواحد وعشرون فردا من الطراز الآخر .. فإنه لا يكون من العدل إعادة حساب هذه القيم إلى نسب مئوية مثل ٢٥٪ للطراز الأول، و ٧٥٪ للطراز الثانى، ثم بعد ذلك .. يطبق اختبار مربع كاى لهذه النسب المئوية التى تفترض أن المورد يتكون من مئة فرد، بينما لا يوجد – حقيقة – فى هذه التجربة سوى ٢٨فردًا، وبالمثل .. فإن من الخطأ إعادة حساب القيمة المشاهدة، تبعا للنسبة ٣ : ١ مثلاً، ثم اختبار هذه النسبة بمربع كاى بعد ذلك (طنطاوى وحامد ١٩٦٣، و Whitehouse ١٩٧٣، و Little & Hills ١٩٧٨).

وقد أخضع بعض الباحثين نتائج دراسات مندل لاختبار مربع كاى، حيث وجد أنها

كانت مطابقة للنسب المتوقعة بدرجة غير عادية، فعندما فحصت النتائج كلها مجتمعة كانت قيمة الاحتمال لاختبار مربع كاى ٠.٩٩٩٩٣ . وهى نتيجة لا تحدث بمحض الصدفة إلا مرة واحدة في كل ١٤٣٠٠ مرة. وقد تراوحت قيمة الاحتمال فى اختبارات مربع كاى لجميع التجارب التى أجراها مندل بين ٠.٥ و ٠.٩، على أنه ينتظر أن تقل أو تزيد قيمة الاحتمال عن ٥٠٪ بنفس الدرجة بفرض أن جميع النتائج مطابقة للمتوقع

جدول (٤–١٠) جدول توزيع مربع كاى

درجات الحرية	الاحتمال							
	0.99	0.95	0.50	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01
1	0.0002	0.004	0.46	1.64	2.71	3.84	5.41	6.64
2	0.020	0.103	1.39	3.22	4.60	5.99	7.82	9.21
3	0.115	0.35	2.37	6.64	6.25	7.82	9.84	11.34
4	0.30	0.71	3.36	5.99	7.78	9.49	11.67	13.28
5	0.55	1.14	4.35	7.29	9.24	11.07	13.39	15.09
6	0.87	1.64	5.35	8.56	10.64	12.59	15.03	16.81
7	1.24	2.17	6.35	9.80	12.02	14.07	16.62	18.48
8	1.65	2.73	7.34	11.03	13.36	15.51	18.17	20.09
9	2.09	3.32	8.34	12.24	14.68	16.92	19.68	21.67
10	2.56	3.94	9.34	13.44	15.99	18.31	21.16	23.21
11	3.05	4.58	10.34	14.63	17.28	19.68	22.62	24.72
12	3.57	5.23	11.34	15.81	18.55	21.03	24.05	26.22
13	4.11	5.89	12.34	16.98	19.81	22.36	25.47	27.69
14	4.66	6.57	13.34	18.15	21.06	23.68	26.87	29.14
15	5.23	7.26	14.34	19.31	22.31	25.00	28.26	30.58
16	5.81	7.96	15.34	20.46	25.54	26.30	29.63	32.00
17	6.41	8.67	16.34	21.62	24.77	27.59	31.00	33.41
18	7.02	9.39	17.34	22.76	25.99	28.87	32.35	34.80
19	7.63	10.12	18.34	23.90	27.20	30.14	33.69	36.19
20	8.26	10.85	19.34	25.04	28.41	31.41	35.02	37.57
21	8.90	11.59	20.34	26.17	29.62	32.67	36.34	38.93
22	9.54	12.34	21.34	27.30	30.81	33.92	37.66	40.29
23	10.20	13.09	22.34	28.43	32.01	35.17	38.97	41.64
24	10.86	13.85	23.34	29.55	33.20	36.42	40.27	42.98
25	11.52	14.61	24.34	30.68	34.38	37.65	41.57	44.31
26	12.20	15.38	25.34	31.80	35.56	38.88	42.86	45.64
27	12.88	16.15	26.34	32.91	36.74	40.11	44.14	46.96
28	13.56	16.93	27.34	34.03	37.92	41.34	45.42	48.28
29	14.26	17.71	28.34	35.14	39.09	42.56	46.69	49.59
30	14.95	18.49	29.34	36.25	40.26	43.77	47.96	50.89

صدا .. إلا أن الحقائق التاريخية تؤكد ما يلى:

١ – يمكن أن تتسع الحديقة التى أجرى فيها مندل دراسته لعدد النباتات التى ذكرها

٢ – تتطلب دراسة انعزالات صفات الجنين فى البذور زراعة جيل إضافى كما ذكر مندل

وقد فُسِّر ذلك التطابق غير العادى بين نتائج دراسات مندل وبين النتائج المتوقعة بأن مندل لم ينشر سوى نتائج دراسات خمس سنوات (من عام ١٨٥٩ إلى ١٨٦٣). على الرغم من ذكره أنها نتائج دراسات ثمانى سنوات (من عام ١٨٥٦ إلى ١٨٦٣)؛ مما يعنى أن دراسات السنوات الثلاث الأولى لم تنشر مطلقا

ويعتقد Fisher أن مندل وضع نظريته عن وراثة الصفات خلال فترة السنوات الثلاث الأولى، والتى تضمنت زراعة نحو ٧٠٠٠ نبات وفى السنوات الخمس التالية قدر Fisher أن مندل زرع ٢٦٥٠٠ نبات، وأجرى دراساته عليها لإثبات صحة نظرية كان قد توصل إليها بالفعل خلال السنوات الثلاث الأولى (عن Whitehouse ١٩٧٣)

استخدام مربع كاى فى اختبار إن كانت مجموعة من العينات تنتمى إلى عشيرة واحد أم لا

يستخدم اختبار مربع كاى كذلك لدى مقارنة عشيرتين أو أكثر، تقسم فيها الأفراد إلى فئات نوعية؛ فمثلا يجرى الاختبار عند مقارنة عشيرتين من محصول ما لمعرفة إن كانتا متشابهتين أم مختلفتين فى نسبة إصابتها بمرض ما. ويجرى الاختبار على اعتبار أن العشيرتين توجد بهما نفس درجة الإصابة بالمرض؛ أى إنهما يجب أن يتشابها فى نسبة النباتات المصابة بكل منهما؛ فيحسب العدد المتوقع للنباتات المصابة فى كل من العشيرتين (أ، و ب) على أساس أنهما سيكونان بنفس النسبة التى توجد فى المجموع الكلى كما يلى

العدد المتوقع للنباتات المصابة من العشيرة أ =

$$\frac{\text{العدد الكلي للنباتات المصابة في العشيرتين} \times \text{العدد الكلي للنباتات المختبرة من العشيرة أ}}{\text{العدد الكلي للنباتات المختبرة من العشيرتين}}$$

العدد المتوقع للنباتات المصابة من العشيرة ب =

$$\frac{\text{العدد الكلى للنباتات المصابة فى العشيرتين} \times \text{العدد الكلى للنباتات المختبرة من العشيرة ب}}{\text{العدد الكلى للنباتات المختبرة من العشيرتين}}$$

وبناء على ذلك ... حسب العدد المتوقع للنباتات غير المصابة من العشيرتين، يحسب الفرق بين العدد الكلى المختبر، والعدد المتوقع المصاب فى كل منهما، ثم يحسب مربع ... ذى لأربع مجموعات من الأرقام المشاهدة والمتوقعة (يساوى دائما عدد العشائر المختبرة × عدد الفئات بكل عشيرة)، وبجمعها معا ... نحصل على مجموع مربع كاى ويحدد بعد ذلك ... احتمال حدوث هذه القيمة من جدول توزيع مربع كاى عند العدد المناسب من درجات الحرية ويحسب عدد درجات الحرية المناسب من المعادلة التالية

عدد درجات الحرية = (عدد العشائر المختبرة − ١) × (عدد الفئات بكل عشيرة − ١)

أى يكون عدد درجات الحرية فى هذا المثال = (٢−١) × (٢ − ١) = ١

ويعد احتمال ٠.٠٥ هو الحد الفاصل بين قيم مربع كاى الجوهرية (لأعلى من ٠.٠٥) وغير الجوهرية (٠.٠٥ أو أقل) وتدل القيم الجوهرية على أن العشيرتين مختلفتان وراثيا عن بعضهما، أما القيم غير الجوهرية ... فتدل على أن العشيرتين متشابهتان فى درجة مقاومتهما للمرض، وأن فرقا بينهما ... بالقدر المشاهد، أو أكبر منه لا يتوقع حدوثه بالصدفة، إلا فى ٥ ... أقل من الحالات المشابهة (Briggs & Knowles ١٩٦٧)

ومزيد من التفاصيل عن ... استعمالات اختبار مربع كاى ... يراجع أحد مراجع الإحصاء ... مثل Snedecor & Cochran (١٩٦٧)، و Little & Hills (١٩٧٨)، و Gomez & Gomez (١٩٨٤)

الخريطة الكروموسومية

يمكن بدراسة الانعزال فى ثلاثة جينات تحمل على كروموسوم واحد تحديد نسبة لانعزال المزدوج double crossing over، وترتيب الجينات على الكروموسوم بالنسبة لبعضها البعض، فيما يعرف باسم الخريطة الكروموسومية chromosome map

وكمثال على ذلك أجرى التلقيح AaBbCc x aabbcc ، وكانت النتائج كما يلى

الشكل المظهرى	العدد
A-B-C-	٧٨٦
aa bb cc	٧٥٣
A- bb cc	١٠٧
aa B- C-	٩٧
aa B- cc	٨٦
A- bb C-	٩٤
aa bb CC	١
A- B- cc	٢
	١٩٢٦

يستدل من هذه النتائج على ما يلى:

١ – التراكيب الأبوية هى التى توجد بأعلى نسبة شكل مظهرى.

٢ – التراكيب الناتجة من عبور مفرد single crossing over هى الأشكال الأربعة التالية فى النسبْ.

٣ – التراكيب الناتجة من العبور المزدوج هى التى توجد بأقل نسبة، ذلك لأن نسبتها تكون دائما أقل من نسب العبور المفرد.

ويمكن تحديد ترتيب الجينات بسهولة من نِسبْ التراكيب ذات العبور المزدوج – وهى أقل النسب – حيث يسهل تخيل ترتيب الجينات، ثم يطبق ذلك الترتيب بالنسبة لبقية الأشكال المظهرية المتحصل عليها.

تقدر المسافة AB بحساب نسبة العبور بين هذين الجينين، كما يلى

$$\text{المسافة } AB = \frac{(٢ + ١ + ٩٧ + ١٠٧)}{١٩٢٦} \times ١٠٠ = ١٠,٧ \ \%$$

= ١٠ ٧ وحدة عبور

وتقدر المسافة BC بحساب نسبة العبور بين هذين الجينين، كما يلى.

$$\text{المسافة } BC = \frac{(٢ + ١ + ٩٤ + ٨٦)}{١٩٢٦} \times ١٠٠ = ٩,٥ \ \%$$

= ٩,٥ وحدة عبور

ويحسب العبور المزدوج المتوقع فى منطقتين متجاورتين من حاصل ضرب العبور المفرد فى كل منطقة كروموسومية على حدة بعد تحويل قيمة العبور المفرد فى كل منطقة على حدة إلى رقم عشرى وفى مثالنا . يصبح العبور المزدوج المتوقع ٠.١٠٧ × ٠,٠٩٥ = ٠٠١٠٢، ٠ أى ١.٠٢٪

عموما ينذر حدوث عبور مزدوج فى مسافات كروموسومية تقل عن ١٠ وحدات عبور، على الرغم من أن بعض الكروموسومات الطويلة قد تظهر بها ١٠ حالات عبور تكون موزعة اعتباطيًا عليها

ويقل دائمًا العبور المزدوج المتحصل عليه فعلاً عن العبور المزدوج المتوقع، ويرجع ذلك إلى أن حدوث العبور فى منطقة كروموسومية يثبط بشكل ما العبور فى المنطقة المجاورة لها مباشرة، ويعرف ذلك بالتعارض interference

ويقدر معامل التعارض Coincidence of Interference بقسمة العبور المزدوج المتحصل عليه فعلاً على العبور المزدوج المتوقع.

وتتراوح قيمة معامل التعارض بين الصفر فى حالة التعارض التام، والواحد الصحيح فى حالة غياب أى تعارض

وفى مثالنا السابق كان العبور المتحصل عليه $\frac{٣}{١٩٢٦}$ × ١٠٠ = ٠,١٦ ٪ ، بينما كان العبور المزدوج المتوقع ١.٠٢ ٪، ويعنى ذلك أن معامل التعارض كان ٠٠١٦، ٠ ÷ ٠١٠٢، ٠ = ٠.١٦، أى إنه لم يحدث فعلاً سوى ١٦٪ من العبور المزدوج الذى كان متوقعا.

هذا ويقل التعارض كلما بعدت الجينات عن بعضها البعض (عن Gardner & Sunstead ١٩٨٤)

الفصل الخامس

الصفات الكمية وكيفية التعامل معها

سبق تعريف الصفات الكمية بأنها الصفات التى يوجد فيها استمرار فى الشكل المظهرى، والتى تتدرج من مستوى إلى آخر دون وجود فواصل محددة بين المستويات المختلفة. كما فى صفات الطول، والمحصول، وقوة النمو، وموعد النضج إلخ، ونظرًا لأن دراستها تستدعى القياس، لذا فإنها تسمى metrical traits أى الصفات المقيسة وبرغم أن بعض الصفات الكمية يتحكم فى وراثتها جين واحد رئيسى major gene إلا أن غالبيتها يتحكم فيها عدد كبير من العوامل الوراثية multiple factors وبينما تدرس الفئة الأولى منها كصفات بسيطه. يمكن غالبًا - تمييز مجاميع أفرادها وعدّها فى الأجيال الانعزالية فإن دراسة الفئة الثانية منها يدخل فى نطاق علم الوراثه الكميه Quantitative Genetics وهو موضوع يستمد أهميته من أن الصفات الكميه تشكل أهم الصفات الاقتصادية التى يهتم بها المربى، فى الوقت الذى تحتاج فيه إلى طرق خاصة فى دراستها، وتداولها عند التربية

خصائص الوراثة الكمية

يعد كل من نلسون وإيلى Nilson-Ehle (١٩٠٨-١٩٠٩) فى السويد، وإيست East (١٩٠٦-١٩٣٦) فى الولايات المتحدة الأمريكية من أوائل العلماء الذين تناولوا الصفات الكمية بالدراسة، وهما اللذان أثبتا أن الصفات الكمية تسلك فى وراثتها سلوك الصفات الوصفية

دراسات نلسون وإيلى

قام نلسون وإيلى بإجراء تلقيح بين سلالتين نقيتين من القمح. إحداهما حمراء الحبوب، والأخرى بيضاء، فكانت حبوب الجيل الأول وسطًا بين صفتى الأبوين، أى

كانت السيادة غير تامة، وتدرجت حبوب الجيل الثاني من اللون الأحمر القاتم إلى اللون الأبيض وأمكن تمييزها الى خمس فئات مظهرية كانت بنسبة ١ ٤ ٦ ٤ ١

فسرّ نلسون وإيلي هذه النتائج على أساس أن صفة لون الحبوب يتحكم فيها زوجان من الجينات المفارقة المتماثلة التأثير؛ أى إن كلا منها مماثل للآخر فى تأثيره فى إظهار صفة لون الحبوب الحمراء، وأن تأثير هذه الجينات مُجمّع cumulative؛ بمعنى أنه كلما زاد عدد الجينات السائدة كان اللون الأحمر أكثر تركيزا (شكل ٥-١، وجدول ٥-١)

الاباء: $R_1R_1\ R_2R_2$ ↓ — $R_1r_1\ r_2r_2$ ↓

الجاميطات: R_1R_2 — r_1r_2

الجيل الأول: $R_1r_1\ R_2r_2$

حمراء متوسطة

جاميطات الجيل الاول	R_1R_2	R_1r_2	r_1R_2	r_1r_2
R_1R_2	$R_1R_1\ R_2R_2$ حمراء دكنة	$R_1R_1\ R_2r_2$ حمراء متوسطة الدكنة	$R_1r_1\ R_2R_2$ حمراء متوسطة الدكنة	$R_1r_1\ R_2r_2$ حمراء متوسطة
R_1r_2	$R_1R_1\ R_2r_2$ حمراء متوسطة الدكنة	$R_1R_1\ r_2r_2$ حمراء متوسطة	$R_1r_1\ R_2r_2$ حمراء متوسطة	$R_1r_1\ r_2r_2$ حمراء فاتحة
r_1R_2	$R_1r_1\ R_2R_2$ حمراء متوسطة الدكنة	$R_1r_1\ R_2r_2$ حمراء متوسطة	$r_1r_1\ R_2R_2$ حمراء متوسطة	$r_1r_1\ R_2r_2$ حمراء فاتحة
r_1r_2	$R_1r_1\ R_2r_2$ حمراء متوسطة	$R_1r_1\ r_2r_2$ حمراء فاتحة	$r_1r_1\ r_2r_2$ حمراء فاتحة	$r_1r_1\ r_2r_2$ بيضاء

شكل (٥-١) وراثة لون الحبوب فى القمح

جدول (٥-١): نسب التراكيب الوراثيه والأشكال المظهرية التى تظهر فى الجيل الثانى لفرد خليط فى عاملين وراثيين ($R_1r_1\ R_2r_2$) يتحكمان فى لون البذرة فى القمح ولهما تأثير متجمع.

التركيب الوراثى	النسبة	عدد الآليلات السائدة	الشكل المظهرى	النسبة
$R_1R_1R_2R_2$	١	٤	أحمر قاتم	١
$R_1r_1\ R_2R_2$	٢	٣	أحمر متوسط الدكنة	٤
$R_1R_1\ R_2r_2$	٢	٣	أحمر متوسط الدكنة	
$R_1r_1\ R_2r_2$	٤	٢	أحمر متوسط	٦
$R_1R_1\ r_2r_2$	١	٢	أحمر متوسط	
$r_1r_1\ r_2R_2$	١	٢	أحمر متوسط	
$R_1r_1\ R_2r_2$	٢	١	أحمر فاتح	٤
$r_1r_1\ R_2r_2$	٢	١	أحمر فاتح	
$r_1r_1\ r_2r_2$	١	صفر	أبيض	١

دراسات إيست

درس إيست وراثة طول الزهرة (طول التويج) فى التبغ، وهى صفة قليلة التأثر بالعوامل البيئية، وأجرى إيست تلقيحًا بين سلالتين نقيتين من التبغ البرى *Nicotiana longiflora* تختلفان اختلافًا واضحا فى طول الزهرة، وحصل على النتائج المبينة فى جدول (٥-٢)، ثم درس الاختلافات بين الآباء وأفراد الأجيال الأول والثانى والثالث، وتوصل منها (وكذلك من دراسات أخرى أجراها على طول الكوز فى الذرة) إلى ما يلى

١ تتشابه الاختلافات التى تظهر بين نباتات الجيل الأول - والناتجة من التلقيح بين أفراد نقية - مع الاختلافات التى تظهر بين نباتات الآباء، وتكون جميعها اختلافات راجعة إلى الظروف البيئية فقط.

٢ - تظهر اختلافات أكبر فى الجيل الثانى، نتيجة حدوث الانعزالات الوراثية، ويمكن الحصول على التراكيب الوراثية للأبوين إذا زرع عدد كاف من النباتات فى هذا الجيل

٣ - تعطى النباتات المختلفة مظهريًا - فى الجيل الثانى - أنسالاً ذات متوسطات مختلفة فى الجيل الثالث

وقد نجح إيست فى تطبيق قوانين مندل على الصفات الكمية التى درسها.

جدول (٥–٢) التوزيع التكرارى لطول تويج الزهرة فى نباتات الاباء (P_1، و P_2)، والجيل الأول (F_1)، و الجيل الثانى (F_2) للتلقيح بين سلالتين نقيتين من *Nicotiana longiflora*

الجيل	سنة الزرعة	٣٤	٣٧	٤٠	٤٣	٥٢	٥٥	٥٨	٦١	٦٤	٧٠	٧٣	٧٦	٧٩	٨٢	٨٥	٨٨	٩١	٩٤	٩٧	١٠٠	عدد الكلى	المتوسط	معامل الاختلاف	الانحراف القياسى
		مركز مجموعات التوزيع التكرارى (مم) لطول تويج الزهرة																							
P_1	١٩١١		١٣	٨٠	٣٢																	١٢٥	٤٠.٥	١ ٧٥	٤,٣٣
P_1	١٩١٢		٤	٢٨	١٦																	٤٩	٤٠ ٦	٢ ٠٠	٤ ٩٢
P_1	١٩١٣		٤	٣٢	١																	٣٧	٣٩ ٨	١ ٠٩	٢ ٧٤
F_1	١٩١١						٤	١٠	٤١	٧٥	٤٠	٣										١٣٧	٦٣.٥	٢ ٩٢	٤ ٦٠
P_2	١٩١١																٦	٢٢	٤٩	١١		٨٨	٩٣ ٥	٢,٢٩	٢,٤٦
P_2	١٩١١																٢	١٦	٣٢	٦	١	٤٧	٩٣ ٤	٢ ٢٣	٢ ٣٩
P_2	١٩١١																٥	٧	١٠	٢		٢٤	٩٢ ١	٢ ٧٠	٢ ٩٣
(١) F_2	١٩١٢ (أ)					١	٥	١٦	٢٣	١٨	٢٢	٣٧	٢٥	١٦	٤	٢	٢					٢١١	٩٧ ٥	٥ ٩١	٨ ٧٥
(٢) F_2	١٩١٢ (أ)					٢	٤	٢	٢٤	٣٧	٣١	٣٨	٣٥	٢٧	٢١	٥	٦	١				٢٣٣	٦٩.٨	٦ ٧٩	٩ ٧٢

(أ) حصل على نسلى الجيل الثانى من نبتتى جيل أول.

السمات المميزة للصفات الكمية

يمكن تلخيص أهم خصائص وراثة الصفات الكمية فى أنه يتحكم فيها عدة عوامل وراثية، ذات تأثير كبير واضح، يطلق عليها عادة اسم major genes، وعوامل وراثية أخرى كثيرة ذات تأثير بسيط، يطلق عليها اسم polygenes (وتسمى – أحيانًا – الجينات الثانوية minor genes) وتعد الجينات الثانوية أكثر تأثرًا بالعوامل البيئية من الجينات الرئيسية، ولكن لا يمكن قياس تأثير البيئة على كل عامل منها على حدة. وبينما يكون تأثير الجينات الرئيسية فى الشكل المظهرى كبيرًا .. فإن تأثير الجينات الثانوية لا يظهر إلا بعد تجمع عدد كبير منها فى التركيب الوراثى، وتعد هى الأساس فى التطور وعملية الانتخاب الطبيعى

تتميز الجينات الثانوية – أيضًا – بأنها تنعزل بكثرة، وتتوزع على أعداد كبيرة من التراكيب الوراثية (= $٣^{ن}$ حيث ن هى عدد أزواج الجينات التى يختلف فيها الأبوان)، وتتميز كذلك بأن الشكل المظهرى لا يتأثر كثيرًا بإحلال جين محل آخر لذا . فإن تراكيب وراثية كثيرة يمكن أن تعطى نفس الشكل المظهرى، كما تكون معظم العشائر الخلطية التلقيح خليطة إلى حد كبير فى هذه العوامل وأخيرا فإن هذه الجينات الثانوية (أو الـ polygenes) . قد تكون ذات تأثير متعدد على الشكل المظهرى، وقد تكون محورة لفعل جينات أخرى modifiers، أو مثبطة لها suppressors

ومن أهم خصائص الوراثية الكمية – أيضًا – ما يعرف بالانعزال الفائق الحدود transgressive segregation حيث يظهر فى الجيل الثانى لبعض التلقيحات أفراد تزيد عن الأب الأعلى، أو تقل عن الأب الأقل فى الصفة المدروسة. ويحدث ذلك عندما يختلف الأبوان فى الجينات المسئولة عن الصفة، أو فى بعضها، مما يؤدى إلى انعزال أفراد فى الجيل الثانى، تحتوى على آليلات من تلك التى تزيد من الصفة. تزيد عن تلك الموجودة فى الأب الأعلى، أو تتركز فيها الآليلات التى تخفض من الصفة.

تحديد فئات ونسب الانعزالات الوراثية والمظهرية فى الجيل الثانى للصفات الكمية

يتبين من دراستنا لخصائص الوراثة الكمية أن عدة تراكيب وراثية يمكن أن تعطى نفس الشكل المظهرى؛ فعلى سبيل المثال . لو أن صفة كمية يتحكم فيها ثلاثة أزواج

من العوامل الوراثية هى Aa، و Bb، و Cc، وكانت الآليلات السائدة هى التى تزيد من الصفة فإن الشكل المظهرى - الذى يكون مرده إلى وجود خمسة آليلات سائده يمكن أن يظهر فى أى من التراكيب الوراثية التالية: Aa BB CC، أو AA Bb CC، أو AABBCc

ونظرا لأن أيًا من هذه التراكيب الوراثية يظهر فى الجيل الثانى بنسبة $\frac{٢^{س}}{٤^{ن}}$ (حيث س، ن هى عدد المواقع الجينية الخليطة فى كل من التراكيب الوراثى المراد معرفة نسبته، وفى الجيل الأول، على التوالى) $= \frac{٢^{١}}{٤^{٣}} = \frac{٢}{٦٤}$، لذا فإن نسبة ظهور هذه التراكيب الوراثية مجتمعة $= ٣ \times \frac{٢}{٦٤} = \frac{٦}{٦٤}$

وتوجد طريقتان رئيسيتان لتحديد فئات ونسب الانعزالات الوراثية والمظهرية فى الجيل الثانى للصفات الكمية - التى يتساوى فيها تأثير الجينات المختلفة على الصفة، حما باستخدام المعادلة ذات الحدين، وباستخدام مثلث باسكال

المعادلة ذات الحدين

يمكن معرفة نسب الانعزالات فى الجيل الثانى من مفكوك المعادلة ذات الحدين $(س+ص)^{ن}$، حيث تمثل (س) الآليلات التى تؤثر على الصفة فى أحد الاتجاهات (كأن تزيد من الصفة مثلا)، وتمثل (ص) الآليلات التى تؤثر على الصفة فى الاتجاه الآخر (كأن تنقص من الصفة مثلا)، وتمثل (ن) عدد الآليلات الموجودة (تلك التى تزيد والتى تنقص من الصفة) فمثلا إذا تحكم فى الصفة خمسة أزواج من الجينات (أى عشرة آليلات) فإن المعادلة تصبح $(س + ص)^{١٠}$، ويكون مفكوكها كما يأتى.

$س^{١٠} + ١٠ س^{٩} ص + ٤٥ س^{٨} ص^{٢} + ١٢٠ س^{٧} ص^{٣} + ٢١٠ س^{٦} ص^{٤} + ٢٥٢ س^{٥} ص^{٥} +$
$٢١٠ س^{٤} ص^{٦} + ١٢٠ س^{٣} ص^{٧} + ٤٥ س^{٢} ص^{٨} + ١٠ س ص^{٩} + ص^{١٠}$

وبذا تكون الانعزالات هى ١ ١٠ ٤٥ ١٢٠ ٢١٠ ٢٥٢ ٢١٠ ١٢٠ ٤٥ ١٠ ١

ويمكن الحصول على المعامل العددى لكل حد من مفكوك المعادلة ذات الحدين بالطريقة التالية:

١ – يكون المعامل العددى لكل من الحدين. الأول والأخير دائمًا عبارة عن الواحد الصحيح.

٢ – يؤخذ أس (س) للحد الأول أى (ن)، ويمثل هذا المعامل العددى للحد الثانى.

٣ – يضرب المعامل العددى للحد الثانى فى أس (س) لهذا الحد، أى (ن–١) ويقسم على ٢ ليعطى المعامل العددى للحد الثالث

٣ – يضرب المعامل العددى للحد الثالث فى أس (س) لهذا الحد؛ أى (ن–٢)، ويقسم على ٣ ليعطى المعامل العددى للحد الرابع .. وهكذا.

هذا .. ويعنى مفكوك هذه المعادلة أنه يوجد تركيب وراثى واحد، يحتوى على الآليلات العشرة التى تزيد من الصفة، وعشرة تراكيب وراثية، يحتوى كل منها على تسعة آليلات من تلك التى تزيد من الصفة، وآليل واحد من تلك التى تنقص من الصفة، و ٤٥ تركيبًا وراثيًّا، يحتوى كل منها على ثمانية آليلات، من تلك التى تزيد من الصفة، وآليلين من تلك التى تنقص من الصفة . وهكذا ويكون المجموع الكلى لنسب التراكيب الوراثية هو ١٠٢٤، وهو الذى يمكن الحصول عليه – أيضًا – من المعادلة ٤ن حيث تمثل (ن) عدد أزواج العوامل الوراثية الخليطة فى الجيل الأول، وبذا يكون مجموع النسب فى هذا المثال ٤° = ١٠٢٤

مثلث باسكال

يمكن الاستعانة بمثلث باسكال Pascal's Triangle المبين أدناه فى تحديد نسب الانعزالات فى الجيل الثانى؛ حيث يكون كل معامل عددى عبارة عن مجموع المعاملين العددين الموجودين أعلاه على اليمين واليسار كما يلى:

عدد الآليلات	المعاملات العددية للفئات المظهرية
١	١ ١
٢	١ ٢ ١
٣	١ ٣ ٣ ١
٤	١ ٤ ٦ ٤ ١
٥	١ ٥ ١٠ ١٠ ٥ ١
٦	١ ٦ ١٥ ٢٠ ١٥ ٦ ١
٧	١ ٧ ٢١ ٣٥ ٣٥ ٢١ ٧ ١
٨	١ ٨ ٢٨ ٥٦ ٧٠ ٥٦ ٢٨ ٨ ١

ومن الطبيعى أنه لا يستعمل من المعاملات العددية بالمثلث، إلا ما يقابل العدد الزوجى من الآليلات. وهو الذى يمثل عدد أزواج العوامل الوراثية التى تتحكم فى الصفه، فلو أن الصفة يتحكم فيها مثلاً – ٣ أزواج من العوامل الوراثية نبحث فى المثلث مقابل ٦ آليلا، لنجد أن نسب المعاملات العددية للفئات المظهرية هى ١ ٦ ١٥ ٦ ١

توزيع الانعزالات المظهرية فى الجيل الثانى

تتأثر طريقة توزيع الانعزالات المظهرية للصفات الكمية – فى الجيل الثانى – بعوامل كبيرة، نذكر منها ما يلى

١ – عدد الجينات التى تتحكم فى الصفة.

٢ – كون هذه الجينات ذات سيادة غير تامة، أم سائدة.

٣ – كون الجينات مرتبطة، أم تتوزع توزيعا حرًا

٤ - كون الجينات مساوية فى تأثيرها فى الصفة، أم غير متساوية.

٥ – وجود علاقة تفوق بين الجينات المتحكمة فى الصفة، والجينات الأخرى فى النبات، أو عدم وجودها

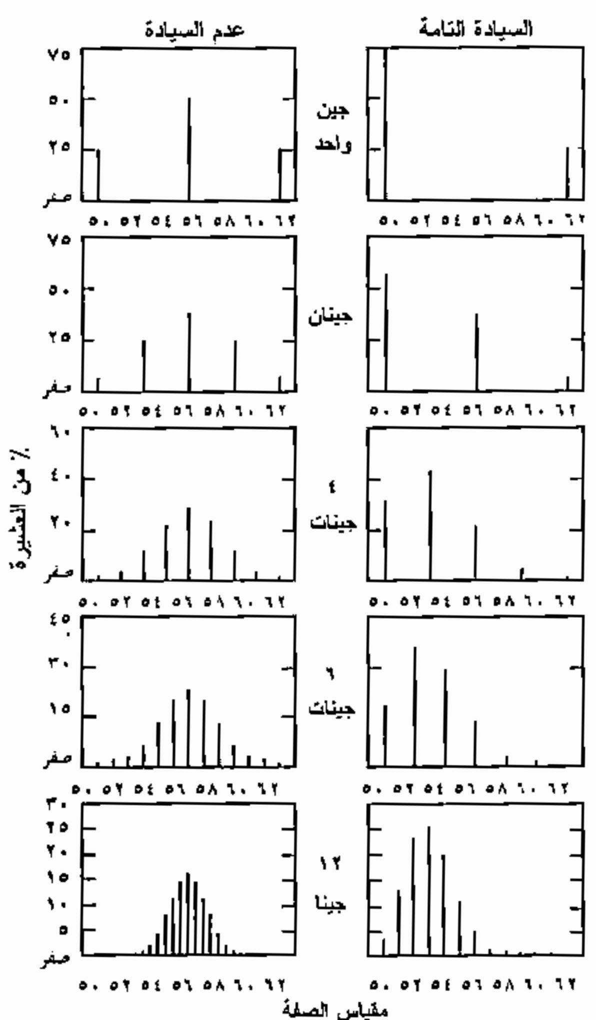
٦ – كون الجينات المتحكمة فى الصفة تتأثر بجينات أخرى محورة، أم لا تتأثر

٧ – مدى نفاذية الصفه penetrance، ودرجة التعبير عنها expersswity فى التراكيب الوراثية المختلفة

٨ - مدى تأثر الصفة بالعوامل البيئية

وأغلب الظن أن كثيرًا من هذه العوامل تتداخل فى التأثير على الصفات الكمية، بل إن السلوك الوراثى للجينات المتحكمة فى الصفة الواحدة قد يختلف من جين إلى آخر، وهو ما يعد أقصى درجات التعقيد وتعد أبسط الحالات . تلك التى تكون فيها الجينات المتحكمة فى الصفة غير مرتبطة ببعضها، ومتساوية فى تأثيرها، ولا تتفاعل مع الجينات الأخرى فى النبات أو تتأثر بها، وذات نفاذية تامة، تعبر عن نفسها بوضوح وبدرجة واحدة، ولا تتأثر بالعوامل البيئية وإذا توافرت كل هذه الشروط – وهو أمر نادر الحدوث – فإن الانعزالات التى تحدث فى الجيل الثانى تكون مماثلة لتلك

التى فى شكل (٥-٢) الذى تظهر به التوزيعات فى حالتى غياب السيادة (التوزيعات التى على الجانب الأيسر من الشكل)، والسيادة التامه (التوزيعات التى على الجانب الأيمن من الشكل)، وعندما تكون الصفة بسيطة - أى يتحكم فيها جين واحد - وعندما تكن الصفة كمية ويتحكم فيها ٢، أو ٤، أو ٦، أو ١٢ جينًا (التوزيعات من أعلى إلى أسفل فى الشكل)



شكل (٥-٢): التوزيعات المتوقعة فى الجيل الثانى لصفة يتحكم فيها (من أعلى لأسفل فى الشكل) ١، و ٢، و ٤، و ٦، و ١٢ جينًا فى حالتى السيادة التامه (العمود الأيمن)، وغياب السيادة (العمود الأيسر) علمًا بأن درجة توريث الصفة ١٠٠٪ (عن Allard ١٩٦٤).

ويتضح من هذه التوزيعات ما يلي:

١ - عندما تكون الصفه ذات سيادة غير تامة فإن التوزيعات تكون متساويه، أى متماثلة ومنتظمة حول الشكل المظهرى، الذى يأخذ القيمة الوسطية، والذى يكون بربعه أعلى التوزيعات، ويكون كل شكل مظهرى معبرا عن تركيب ورثى، و مجموعه من التراكيب الوراثية التى تتساوى فى عدد الآليلات التى تؤثر فى الصفة. ويمكن الحصول على هذه التوزيعات من مفكوك المعادلة ذات الحدين، أو باستخدام مثلث باسكال.

وبينما يمكن تمييز فئات التوزيعات المختلفة فى الصفات البسيطه، والصفات التى تتحكم فيها جينان أو ثلاثه جينات، فإن فئات التوزيعات تقترب من بعضها مظهريًا بشدة - كلما ازداد عدد الجينات المتحكمة فى الصفة بحيث يصعب تمييزها عن بعضها، كما تأخذ شكل منحنى التوزيع الطبيعى.

ويصاحب كل زيادة فى عدد الجينات المتحكمة فى الصفة نقص كبير فى نسبة الأفراد المشابهة للأبوين، الأمر الذى يستلزم زراعة عدد كبير من نباتات عشيرة الجيل الثانى للحصول على نبات واحد أصيل فى الصفه ومماثل لأحد الأبوين.

٢ - عندما تكون الصفه سائدة سيادة تامة فإن التوزيعات تكون منحرفه أو مائله skewed نحو الشكل المظهرى للآليلات السائدة. وبينما تزيد عدد فئات التوزيعات المظهريه مع زيادة عدد الجينات المتحكمه فى الصفة، فإن عدد الفئات يبقى أقل مما فى حالة غياب السيادة عند نفس العدد من الجينات. ويكون من السهل تمييز الفئات المظهرية عن بعضها فى الصفات التى يتحكم فيها من ١-٤ جينات، إلا أن فئات التوزيعات تتقارب مع بعضها، ويصبح من الصعب تمييزها بعد ذلك.

وكلما ازداد عدد الجينات المتحكمة فى الصفة، بدا التوزيع أقرب إلى التوزيع الطبيعى، أى كلما قل وضوح الجنوح ظاهريًا؛ ذلك لأن نسب الفئات التى تتجمع فيها الآليلات المتنحيه تنخفض بشدة، بحيث لا تمثل شيئا يذكر إلى جانب بقية العشيرة التى تبدو طبيعية إلى حد ما فى توزيعها برغم أنها تكون منحرفه بشده نحو الصفة السائدة.

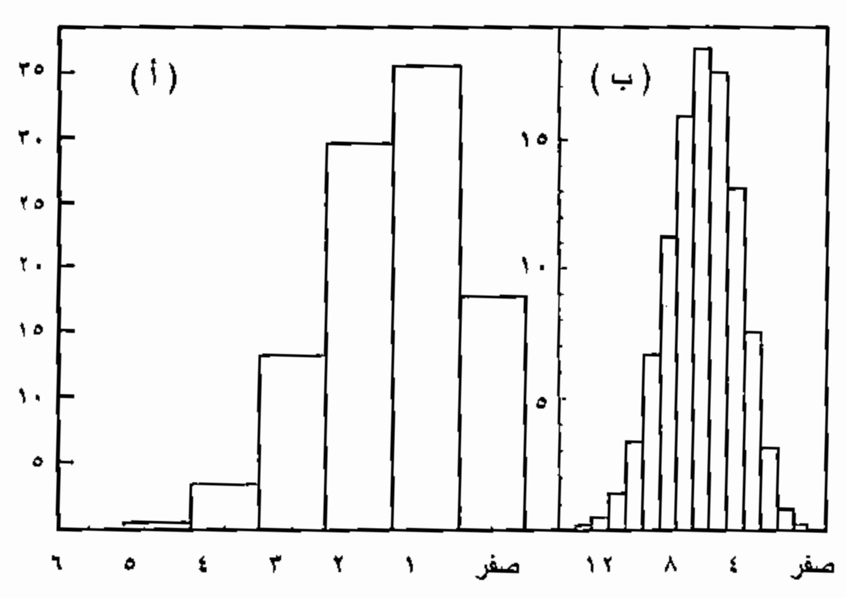
ويلاحظ - أيضًا – أن الفئات المظهرية المنعزلة لا تمثل تراكيب وراثية متشابهة؛ بسبب وجود السيادة

ويبين جدول (٥-٣، نقلا عن Simmonds & Smartt ١٩٩٩) كيف أن زيادة عدد الجينات المتحكمة فى الصفة الكمية – عند غياب السيادة – يجعل توزيع فئات الأشكال المظهرية يقترب من التوزيع الطبيعى. أما شكل (٥-٣، نقلاً عن Falconer ١٩٨١) فإنه يبين كيف أن التوزيع فى حالة السيادة التامة يبدو أقل جنوحًا كلما ازداد عدد الجينات المتحكمة فى الصفة ويوضح الشكل التوزيع المتوقع من الانعزال الحر لأزواج الآليلات، عندما يتحكم فى الصفة ٦ جينات (شكل أ)، أو ٢٤ جينا (شكل ب) علما بأن السيادة تامة لأحد الآليلات على الآليل الآخر فى كل موقع جينى، ونسبة جميع الآليلات ٠,٥، ويؤدى كل موقع جينى متنح أصيل إلى خفض قيمة الصفة بمقدار وحدة كاملة فى الشكل (أ) وربع وحدة فى الشكل (ب)، كما يظهر على المحور الأفقى الذى تتوزع عليه فئات التراكيب الوراثية، التى تختلف فى عدد المواقع الجينية المتنحية الأصيلة أما المحور الرأسى .. فيمثل النسبة المئوية المتوقعة لكل فئة مظهرية، وقد حسبت من مفكوك المعادلة ذات الحدين $(\frac{1}{4} + \frac{3}{4})^{ن}$ حيث تمثل (ن) عدد المواقع الجينية

تعد صفة وزن الثمرة فى الطماطم مثالاً جيدًا للصفات الكمية التى يسود فيها أحد آليلى كل جين على الآخر، ويبين شكل (٥-٤) توزيعًا حقيقيًّا لمتوسط وزن الثمرة بالجرام، حُصل عليه فى الجيل الثانى للتلقيح بين سلالة الطماطم رقم (٩٠٢) ذات الثمار الكبيرة نسبيًّا، وسلالة النوع البرى *Lycopersicon pimpinellifolium* ذات الثمار الصغيرة جدًّا ويظهر من الشكل سيادة صفة الثمار الصغيرة، واقتراب متوسط وزن الثمرة فى الجيلين الأول والثانى من المتوسط الهندسى المحسوب، وابتعادهما كثيرا عن المتوسط الحسابى، وهو ما يدل على أن الجينات ذات تأثير متجمع، وأن تأثير إضافة أى جين هو زيادة وزن الثمرة بنسبة معينة، وقد يمكن تفسير الجنوح المشاهد فى التوزيع – فى هذا المثال – على أساس سيادة الجينات التى تتحكم فى وزن الثمرة الصغيرة

جدول (٥-٣): التوزيع المتوقع لصفات يتحكم فيها من ١-٦ جينات ذات تأثير إضافي ويوجد في أسفل الجدول مقارنة بين التوزيع الطبيعي، وتوزيـــع صـــفة يتحكم فيها ستة جينات.

التوزيع التكراري لمختلف الفئات المظهرية														عدد العوامل
الصفة العالية						الصفة المتوسطة						الصفة المنخفضة	٢ن	الوراثية (ن)
١						٢						١	٢	١
١			٤			٦			٤			١	٤	٢
١			٦	١٥		٢٠		١٥	٦			١	٨	٣
١		٨	٢٨	٥٦		٧٠		٥٦	٢٨	٨		١	١٦	٤
١	١٠	٤٥	١٢٠	٢١٠		٢٥٢		٢١٠	١٢٠	٤٥	١٠	١	٣٢	٥
١	١٢	٦٦	٢٢٠	٤٩٥	٧٩٢	٩٢٤	٧٩٢	٤٩٥	٢٢٠	٦٦	١٢	١	٦٤	٦
٠	٠.٢	١٧	٥.٤	١٢ ٢	١٩,٣	٢٢,٤	١٩,٣	١٢,٢	٥ ٤	١٧	٠,٢	٠		ن ٦
٠	٠,٣	١.٦	٥ ٢	١١.٨	١٩ ٥	٢٢ ٩	١٩.٥	١١.٨	٥ ٢	١,٦	٠ ٣	٠		التوزيع الطبيعي



شكل (٥-٣) التوزيع المتوقع لصفة سائدة يتحكم فيها ٦ جينات (على اليسار)، أو ٢٤ جينا (على اليمين) راجع المتن للتفاصيل (عن **Falconer** ١٩٨١).

الفعل الجينى

تعرف خمسة تأثيرات رئيسية للجينات والتفاعلات بينها، هى كما يلى:

١ – تأثير الإضافة additive gene effect.

٢ – تأثير السيادة dominance gene effects

٣ تأثير التفوق epistatic gene effects.

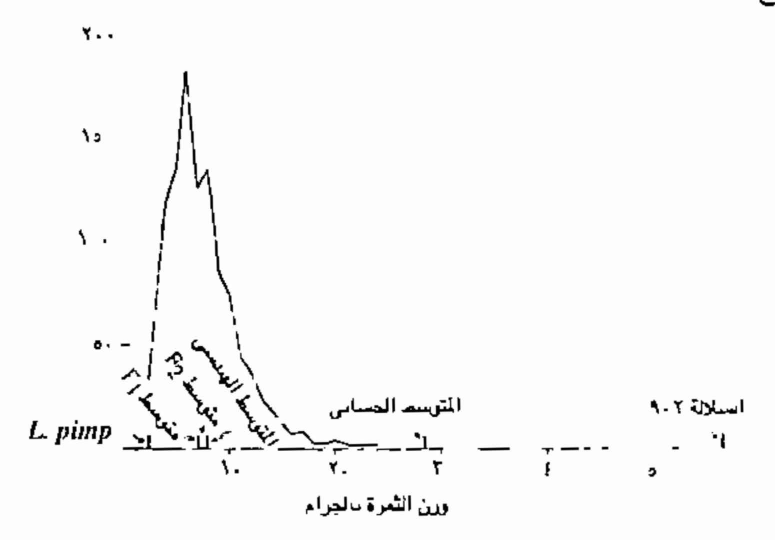
٤ – تأثير السيادة الفائقة overdominance gene effects.

ونقدم فى جدول (٥-٤) مثالاً توضيحيًا للأنواع الأربعة السابقة الذكر من الفعل الجينى

يلاحظ من جدول (٥-٤) أنه فى كل حالة من حالات الفعل الجينى . تعطى عدة تراكيب وراثية أشكالا مظهرية متشابهة وفى هذا المثال كان لكل من الجينين A، و B تأثيرات متماثلة على الصفة. إلا أن ذلك لا يحدث بالضرورة، فقد يكون تأثيرها على الصفة متباينًا. كذلك فإن بعض الجينات قد يكون لها تأثيرات متعددة (أى تكون pleiotrpopic)، وتؤثر على الصفات المختلفة بطرق مختلفة.

وعندما يكون تأثير الجينات إضافيًا، فإنه يمكن إجراء الانتخـاب للصفـات المرغـوب فيها بقدر كبير من الثقة، وهو ما لا يمكن تحقيقه إذا ما كان تأثير الجينات بالسيادة أو بالتفوق

أما تأثير السيادة الفائقة فإنه يمكن الاستفادة منه فـى الهجـن، ومـن خـلال التكـاثر اللاإخصابي، وعند مضاعفة العدد الكروموسومي للهجن العقيمة التـى تنتـج مـن التلقيـح بين الأنواع البعيدة



شكل (٥-٤) توزيع صفة وزن ثمرة الطمـــاطم فى الجيـــل الثـــانى للتلقيـــح بـــين ســـلالة مـــن *Lycopersicon pimpinellifolium* وسلالة الطماطم رقم ٩٠٢؛ راجع المـــتن للتفاصيل (عن **Briggs & Knowles** ١٩٦٧)

جدول (٥-٤) التأثيرات الممكنة للفعل الجينى يفترض فى هذا المثال وجود زوجان مـــن العوامـــل الوراثـــة المتحكمة فى الصفة، وأن كل آليل سائد يضيف وحدة واحدة إلى الصفة الـــتى يـــتراوح مداها – تبعًا لتلك الافتراضات بين صفر، و ٤ (عن **Poehlman & sleper** ١٩٩٥)

التراكيب الوراثية:	AA	Aa	aa
	تأثير الإضافة effects additive gene		
BB	٤	٣	٢
Bb	٣	٢	١
bb	٢	١	صفر

تابع جدول (٥-٤).

التراكيب الوراثية:	AA	Aa	aa
	تأثير السيادة dominance gene effects		
BB	٤	٤	٢
Bb	٤	٤	٢
bb	٢	٢	صفر
	تأثير التفوق epistatic gene Effects		
BB	٤	٤	صفر
Bb	٤	٤	صفر
bb	صفر	صفر	صفر
	تأثير السيادة الفائقة over daminance gene effects		
BB	٢	٣	١
Bb	٣	٤	٢
bb	١	٢	صفر

٥ – التأثير الهندسي أو التضاعفي:

يظهر التأثير الهندسى geometric action للجينات فى بعض الصفات كصفة حجم الثمار مثلاً، حيث تتفاعل الجينات مع بعضها بطريقة ليست إضافية additive، وإنما تضاعفية multiplicative، وهو ما يتمشى مع طبيعة الصفة، حيث يكون الحجم حاصل ضرب أرقام، وليس بحاصل جمع أبعاد، ويقال إن الجينات ذات تأثير هندسى geometric gene action عندما تكون المتوسطات الهندسية المحسوبة بمختلف العشائر الهندسية أقرب إلى القيم الملاحظة لهذه العشائر، بينما يقال إن الجينات ذات تأثر حسابى arithmatic gene action عندما تكون متوسطاتها الحسابية أقرب إلى قيمتها الملاحظة. وتحسب المتوسطات الهندسية على النحو التالى (Powers & Lyon ١٩٤١).

• المتوسط الهندسى المتوقع للجيل الأول =

$$\sqrt{\text{المتوسط المشاهد للأب الأول} \times \text{المتوسط المشاهد للأب الثانى}}$$

o المتوسط الهندسى المتوقع للجيل الثانى = العدد المقابل (antilogarithm) (لوغاريتم المتوسط المشاهد للأب الأول + ٢ لوغاريتم المتوسط المشاهد للجيل الأول + لوغاريتم المتوسط المشاهد للأب الثانى)/٤ أو هو =

$\sqrt{\text{المتوسط المشاهد للأب الأول} \times \text{المتوسط المشاهد للأب الثانى} \times \text{ضعف المتوسط المشاهد للجيل الأول}}$

o المتوسط الهندسى المتوقع للتلقيح الرجعى للأب الأول =

$\sqrt{\text{المتوسط المشاهد للجيل الأول} \times \text{المتوسط المشاهد للأب الأول}}$

o المتوسط الهندسى المتوقع للتلقيح الرجعى للأب الثانى

$\sqrt{\text{المتوسط المشاهد للجيل الأول} \times \text{المتوسط المشاهد للأب الثانى}}$

ويمكن التعرف على طبيعة فعل الجينات بمقارنة المتوسطات الحسابية arithmetic means والهندسية geometric means المتوقعة لكل من الأبوين، والجيلين الأول والثانى، والتلقيحيين الرجعيين مقارنتها مع المتوسط المشاهد لكل عشيرة باستعمال اختبار t

ويمكن تصور التأثيرين الإضافى والهندسى للجينات بمثال تزيد فيه قيمة الصفة بزيادة عدد الجينات التى تتحكم فيها على النحو التالى:

١ – فى حالة التأثير الإضافى: قد تكون قيمة الصفة ٣، و ٦، و ٩، و ١٢؛ حيث يزيد كل جين إضافى قيمة الصفة بمقدار ٣ وحدات؛ أو ١٠، و ١١، و ١٢، و ١٣؛ حيث يزيد كل جين إضافى قيمة الصفة بمقدار ١٠ وحدة

٢ – فى حالة التأثير الهندسى: قد تكون قيمة الصفة ٣، و ٩، و ٢٧، و ٨١، حيث يزيد كل جين إضافى قيمة الصفة بمقدار ثلاثة أضعاف القيمة السابقة؛ أو ١٠، و ١١٠، و ١٢١، و ١٣٣١، و ١٤٦٤١؛ حيث يزيد كل جين إضافى قيمة الصفة بمقدار ١١٠ ضعف القيمة السابقة، أى يضيف حوالى ١٠٪ إلى القيمة السابقة

ويلاحظ أن توزيع الأفراد فى الأجيال الانعزالية يكون دائمًا مجنحًا skewed عندما تكون الجينات ذات فعل هندسى، وللتأكد من صحة فرضية التأثير الهندسى للجينات

يجب ألا تختلف القيم المشاهده لعشائر الجيلين الأول والثانى، وكذلك التلقيحات الرجعية - معنويًا - عن القيم المحسوبة على أساس التأثير الهندسى ويؤدى تحويل القيم المشاهدة - للأفراد فى حالة الصفات التى تؤثر عليها الجينات بطريقة هندسية - تحويلها إلى لوغاريتمات، إلى أن يصبح توزيع الأفراد قريبا من التوزيع الطبيعى

وبينما لا يوجد أى ارتباط بين متوسطات أو تباينات الآباء والجيلين الأول والثانى وعشائر التلقيحات الرجعية فى حالة التأثير الإضافى للجينات نجد أن هذه القيم تكون مرتبطه ببعضها، عندما تكون الجينات ذات تأثير هندسى ويصاحب زيادة المتوسطات زيادة التباينات فى حالة التأثير الهندسى، بينما لا يشترط ذلك فى حالة التأثير الإضافى، حيث قد تصاحب زياده المتوسطات زيادة أو نقص فى التباينات (Brewbaker ١٩٦٤)

تقدير عدد الجينات المتحكمة فى الصفات الكمية

تستخدم بعض المعادلات فى تقدير عدد الجينات التى تتحكم فى الصفات الكميه، نذكر منها ما يلى

- $$N = \frac{D^2}{8(VF_2 - VF_1)}$$

حيث تمثل N الحد الأدنى لعدد الجينات المتحكمة فى الصفة ويمثل D الفرق بين متوسطى الأشنية[وين، و VF2، VF1 تباينى الجيلين الأول والثانى على التوالى (Castle & Wright ١٩٢١) وتفترض هذه المعادلة ما يلى

١ - عدم وجود أى ارتباط أو تفاعل بين الجينات المتحكمة فى الصفة

٢ - لكل الجينات درجة واحدة من الأهمية فى التأثير فى الصفة

٣ - غياب السيادة.

٤ - يكون أحد الأبوين - فقط هو مصدر جمع الآليلات المؤثرة فى الصفة فى أحد الاتجاهات

- $$N = \frac{D^2}{8VA}$$

حيث يمثل VA التباين الإضافى الذى يحسب – بدوره – بالمعادلة التاليه

$\frac{1}{2} VA = 2 VF_2 - (VB_1 + VB_2)$

حيث يمثل VF_2، و VB، و VB_2 تباينات الجيل الثانى، وعشائر التلقيحات الرجعية للأبوين الأول والثانى على التوالى (Mather & Jinks ١٩٧٧)

- $N = 0.25(0.75 - h + h^2) D^2/VF_2 - VF_1$

حيث إن

$h = F_1 \times P_1/P_2 - P_1$

(Burton ١٩٥١)

ويشترط لتطبيق هذه المعادلة جميع الفروض التى أسلفنا بيانها بالنسبة لمعادلة Castle & Wright، ولكن مع افتراض أن لكل الجينات درجة واحدة من السيادة بدلاً من غياب السيادة

مكونات التباين فى الصفات الكمية

يصعب فى الصفات الكمية تتبع كل جين على حدة فى الأجيال الانعزاليه، كما يصعب تقسيم النباتات إلى أقسام محددة حسب النسب المندلية المعروفة كما فى الصفات البسيطة أو التى يتحكم فيها عدد قليل من الجينات ويسعى المربى – بدلا من ذلك إلى تقدير التباين Variance – وهو قيمة إحصائية - للدلالة على مدى الاختلافات المشاهدة فى الصفة فى العشائر التى يقوم بدراستها

يعرف التباين الكلى المشاهد باسم تباين الشكل المظهرى Phenotypic Variance ويرمز له بالرمز (V_{Ph})، ونظرا لأن الاختلافات التى تشاهد فى الشكل المظهرى ترجع إلى تأثير كل من التركيب الوراثى، والعوامل البيئية على كل فرد من أفراد العشيرة، لذا فإن.

$V_{Ph} = V_G + V_E$

حيث يمثل (V_G) التباين الذى يرجع إلى تأثير التركيب الوراثى أو التباين الوراثى Genotypic Variance، بينما يمثل (V_E) التباين الذى يرجع إلى تأثير البيئة أو التباين البيئى Environmental Variance

التباين البيئى

يقدر التباين البيئى لأية صفة، بحساب مدى التباين فى هذه الصفة فى عشيرة يحمل جميع أفرادها نفس التركيب الوراثى؛ كأن تكوين جميعها – مثلا – سائدة أصيلة، أو متنحية أصيلة، أو خليط فى الصفة. ويحسب التباين البيئى بالمعادلة التالية

$$V_E = \frac{\sum \times 2 - (\sum \times)^2 / n}{n - 1}$$

حيث تمثل (×) القيمة المشاهدة للصفة لكل فرد من أفراد العشيرة، و (n) عدد أفراد العشيرة، بينما ترمز (Σ) لكلمة مجموع.

تجدر الإشارة إلى أن التباين البيئى لصفة ما لا يكون ثابتًا دائمًا، وإنما يتغير بتغير التركيب الوراثى لأفراد العشيرة فى الصفة المدروسة، وبتغيير الخلفية الوراثية لأفراد العشيرة، فهو يكون أكبر – عادة – فى السلالات الأصيلة (مثل السلالات النقية، أو السلالات المرباة تربية داخلية) عما فى الأصناف العادية (الصادقة التربية، أو المفتوحة التلقيح)، ويقل فى الأصناف الهجين عامة عما فى الأصناف العادية. وبرغم أن تقدير التباين البيئى يختلف بين العشائر غير المتجانسة .. إلا أنه يكون أقل فيها مما فى العشائر الأكثر تجانسًا، باستثناء الأصناف الهجين. وبالإضافة إلى ما تقدم .. فإن التباين البيئى يختلف بين السلالات ذات الأصول الوراثية المتشابهة نظرًا لاختلاف مدى تأثر التراكيب الوراثية السائدة الأصيلة والمتنحية الأصيلة بالصفة، أى يحدث تفاعل بين البيئة والتركيب الوراثى فى التأثير على الصفة.

ولذا فإن أفضل تقدير للتباين البيئى يكون هو متوسط التباين البيئى للآباء والجيل الأول (وهى العشائر المتجانسة) كما يلى:

$$V_E = (V_{P1} + V_{P2} + V_{F1})/3$$

حيث تمثل V_{P1}، و V_{P2}، و V_{F1} تباينات أحد الآباء، والأب الثانى، والجيل الأول الهجين بينهما على التوالى.

ويفضل أحيانا - حساب التباين البيئى بالمعادلة التالية

$$V_e = \sqrt[3]{V_{P1} \cdot V_{P2} \cdot V_{F1}}$$

أى على أساس الجذر التكعيبى لحاصل ضرب تباين الأب الأول مع تباين الأب الثانى مع تباين الجيل الأول بينهما

التباين الوراثى

أشرنا – سابقا إلى أن التباين الوراثى (V_G) يعكس القدر الذى يشارك به التركيب الوراثى فى التباين الكلى للصفة، ويمكن تقسيم التباين الوراثى - بدوره – إلى مكونات اصغر، يسهم كل منها بنصيب فى التباين الكلى للصفة وهى كما يلى

١ - تباين التأثير الإضافى للجين أو التباين الإضافى Additve Variance (أو V_A)، وهو مقياس لقيمة التربية Breeding Value، ويرجع إلى اختلاف التراكيب الوراثية الاصيلة فى التأثير على الصفة، وهو يعد أهم مكونات التباين الوراثى لأنه الوحيد الذى يمكن الاعتماد عليه عند الانتخاب، كما أنه يشكل -- عادة – أكبر نسبة من التباين الوراثى الكلى

٢ تباين تأثير السيادة أو تباين السيادة Dominance Variance (أو V_D)، وهو مقياس للانحراف الذى يعود إلى السيادة dominamce deviation، نتيجة للتفاعل بين الجينات الأليلية، وهو – عادة - يلى التباين الإضافى فى نسبته من التباين الوراثى الكلى

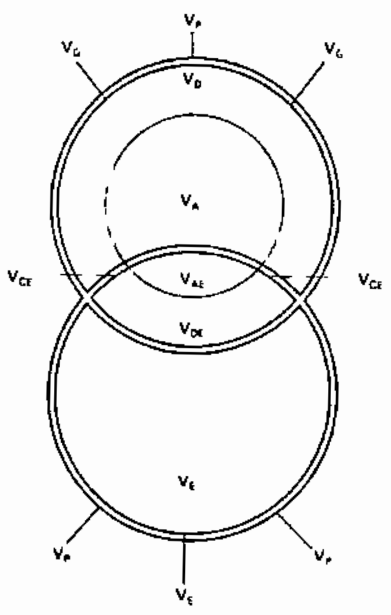
٣ – تباين التفاعل Interaction Variance (أو V_I)، وهو مقياس للانحراف الذى يعود إلى التفاعل interaction deviation بين الجينات غير الأليلية، أى إلى حالات التفوق epistasis، وهو يشكل – عادة – أقل نسبة من التباين الوراثى الكلى

وبذا فإنه يمكن اعادة صيغة معادلة التباين الكلى لتصبح كما يلى

$$V_{F2} = V_A + V_D + V_I + V_E$$

ويبين شكل (٥-٥) معظم مكونات التباين التى سبقت الإشارة إليها ويمكن الاستفادة من الشكل فى تفهم العلاقة فيما بينها. خاصة فيما يتعلق بتباينات لم تسبق

الإشارة إليها، وهى تباين التفاعل بين التركيب الوراثى والبيئة Genotype-Environment Interaction Variance (أو V_{GE})، والذى قسم – بدوره – إلى تباين التفاعل بين التأثير الإضافى والبيئة (V_{AE}). وتباين التفاعل بين تأثير السيادة والبيئة (V_{DE})



شكل (٥-٥): تخطيط للعلاقة بين الأنواع المختلفة من التباينات التى يتكون منها تباين الشكل المظهرى، راجع المتن للتفاصيل (عن Simmonds & Smartt ١٩٩٩).

ويمكن بإجراء التجارب المناسبة تقدير مكونات مختلفة لتباين مواقع إجراء الدراسة sites، ومواسم إجرائها seasons كجزء من التباين البيئى، وكذلك تحديد تباين التفاعلات بين مكونات البيئة وبعضها (V_{EE})، ويبين تأثير التفاعل بين التفاعل الجينى والبيئة (V_{IE}) وتباينات التفاعلات بين مختلف مكونات التباين الوراثى، مثل (V_{AA})، و (V_{AD})، و (V_{DD})، وهى التى تشكل فى مجموعها تباين التفاعل الوراثى (V_I)، وتمثل – على التوالى – تباين التفاعل بين قيمتين من قيم التربية، وتباين التفاعل بين قيمة التربية لأحد المواقع الجينية مع الانحراف العائد إلى السيادة فى موقع جينى آخر، وتباين التفاعل بين اثنين من الانحرافات العائدة إلى السيادة وإذا كان التفاعل بين آليلات أكثر من موقعين جينيين .. فإنه يكون شديد التعقيد.

ونظرا لأن حساب مختلف التفاعلات يكون أمرا معقدا، لذا فإنها تهمل عادة حيث بحسب تباين التفاعل بين التركيب الوراثي والبيئة ضمن التباين البيئي. كما يقسم التباين الوراثي إلى مكوناته الثلاثة الرئيسية (V_A)، و (V_D)، و (V_I) دونما تفصيل لتباين التفاعل، أو قد يقسم إلى مكونين فقط، هما (V_A) وبقية مكونات التباين الوراثي معًا، ذلك لأن فاعليه عملية الانتخاب في برامج التربية تتحدد - أساسا - بتباين التأثير الإضافي للجين

درجة التوريث

يرتبط مفهوم درجة التوريث Heritability – عادة بالصفات الكمية، إلا إنه لا يوجد ما يحول دون استعمالها مع الصفات البسيطة التي تتأثر كثيرًا بالعوامل البيئية ويعني بدرجة التوريث مدى تطابق ظهور الصفة في الأنسال، مع ظهورها في أبائها من النباتات المنتخبة، أو هي القدرة على توريث صفة ما من نبات منتخب إلى نسله

وتعرف درجتان للتوريث، هما درجة التوريث على النطاق العريض، ودرجه التوريث على النطاق الضيق، بالإضافة إلى ما يعرف بدرجة التوريث المدركة أو الواقعة

تأخذ درجة التوريث على النطاق العريض الرمز H، بينما تأخذ درجة التوريث على النطاق الضيق الرمز h^2، وأحيانا الرمز h إذ إنها ليست مربعًا لقيمة ما وفي أحيان أخرى يميز بين درجتي التوريث باستعمال الحروف التحتية المناسبة،مثل h_B^2 لدرجه التوريث على النطاق العريض (broad sense). و h_N^2 لدرجة التوريث على النطاق الضيق (narrow sense) كذلك قد يعبر عن درجة التوريث على النطاق العريض broad sense heritability بالرمز BSH. ولدرجة التوريث على النطاق الضيق narrow sense heritability بالرمز NSH

هذا ويعبر عن أي من درجتي التوريث إما على صورة كسر عشري، وإما على صورة نسبه مئوية بضرب الكسر العشري في مئة

أهمية درجة التوريث

ترجع أهمية درجة التوريث إلى أن الانتخاب لصفة ما تقل فاعليته كلما انخفضت

درجة التوريث، لأن النباتات المنتخبة ربما لا تعكس حقيقة التراكيب الوراثية المرغوب فيها، لذا .. فإن التعامل مع الصفات ذات درجات التوريث المنخفضة يتطلب أمرين هما.

١ – انتخاب عدد كبير من النباتات التى تظهر بها الصفة، لأن جزءًا كبيرا منها لا يكون ممثلا للتركيب الوراثى المرغوب فيه

٢ – اختبار نسل النباتات المنتخبة قبل الاستمرار فى الاعتماد عليها فى برنامج التربية، ويفضل أن يختبر النسل فى مكررات، عندما تكون الصفة المعنية كمية، وذات درجة توريث شديدة الانخفاض.

هذا وتكون درجة التوريث مرتفعة – عادة – فى الصفات البسيطة والنوعية عامة، بينما تكون منخفضة فى الصفات الكمية، التى تشمل معظم الصفات الاقتصادية المهمة، فنجد أن درجة توريث بعض الصفات فى نبات الذرة - على سبيل المثال – تقدر بنحو ٧٠٪ بالنسبة لصفة طول النبات، و ٢٥٪ بالنسبة للمحصول، و ١٧٪ بالنسبة لصفة طول الكوز

درجة التوريث على النطاق العريض أو المطلق

تحسب درجة التوريث على النطاق العريض Broad Sense Heritability (تكتب اختصارًا BSH، ويرمز لها كثيرًا بالرمز H) بالمعادلة التالية (عن Burton ١٩٥١).

$$BSH = V_G/V_{Ph}$$

حيث يمثل V_G، و V_{Ph} التباين الوراثى والتباين الكلى (تباين الشكل المظهرى Phenotypic Variance) على التوالى، ويحصل على هذه القيم من العلاقات التالية:

$$V_{Ph} = V_{F2}$$

$$V_{F2} = V_G + V_E$$

$$V_E = (V_{P1} + V_{P2} + V_{F1})/3$$

ويتبين من ذلك أن درجة التوريث على النطاق العريض تمثل نسبة التباين الوراثى إلى التباين الكلى، الذى يشمل التباين الوراثى والتباين البيئى، وقد تحسب كنسبة مئوية للتباين الوراثى من التباين الكلى

وقد يحسب التباين البيئي على أساس أنه الجذر التربيعي لحاصل ضرب تباين الأبوين (Frey & Horner ١٩٥٧)، كما يلي.

$$V_E = \sqrt{V_{P1} \times V_{P2}}$$

وإذا توفرت بيانات عن الصفة في الجيل الأول فإنه يفضل حساب التباين البيئي على أساس أنه الجذر التكعيبي لحاصل ضرب تباين الجيل الأول في تبايني الأبوين كما يلي

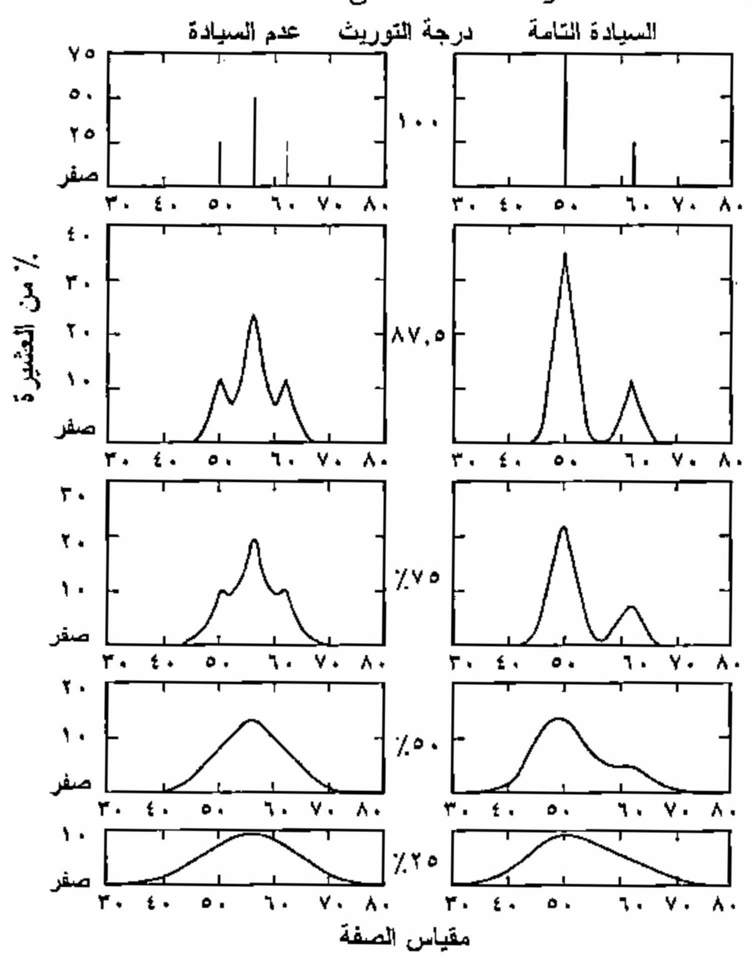
$$V_E = \sqrt[3]{V_{F1} \times V_{P1} \times V_{P2}}$$

يعاب على أي من الطرق السابقة في حساب التباين البيئي ن الأبوين قد يكون تأثرهما بالعوامل البيئية أعلى بكثير من تأثر نباتات الجيل الثاني، وهو ما يحدث حينما يكون الأبوان سلالات مرباة تربية داخلية من محاصيل تلقح خلطيًا - بدرجة عالية في الطبيعة، حيث تكون الآباء ضعيفة النمو، بينما تظهر قوة الهجين في نباتات الجيل الثاني. لذا يفضل - في حالات كهذه - اعتبار تباين الجيل الأول ممثلا للتباين البيئي

ويتبين من المعادلات المستعملة في حساب درجه التوريث أن قيمة BSH تزداد كلما قل تأثر الصفة بالعوامل البيئية ويوضح شكل (٥-٦) كيف يبدو ذلك عمليًا في توزيع صفة بسيطة (يتحكم فيها جين واحد) بين أفراد الجيل الثاني، عند اختلاف درجه التوريث التي تقل - تدريجيًا - من ١٠٠٪ إلى ٢٥٪ مع الاتجاه من أعلى لأسفل في الشكل، وبينما تمثل الرسوم البيانية في العمود الأيمن - التوزيع المتوقع للصفه في حالات السيادة التامة فإن العمود الأيسر يمثل التوزيع المتوقع في حالات غياب السيادة ويفترض في جميع الأشكال أن الأبوين يختلفان في ١٢ وحدة من الوحدات التي تقاس بها الصفة

يلاحظ من الشكل أن الأشكال المظهرية تكون ممثلة تمامًا للتراكيب الوراثية المنعزلة في الجيل الثاني، حينما لا تتأثر الصفة بالعوامل البيئية، أي حينما تكون درجه التوريث ١٠٠٪، وهو ما يلاحظ عادة في عديد من الصفات البسيطة، كلون الأزهار مثلا. ومع نقص درجة التوريث إلى ٨٧٫٥٪، يبدأ ظهور تداخل في الشكل المظهري بين فئات التراكيب الوراثية الثلاثة في حالة غياب السيادة، وبين التراكيب السائدة والمتنحية في حاله السيادة التامه، ويحدث ذلك نتيجة لتأثير البيئة على الشكل

المظهرى للفرد. حيث تزيد قيمة الصفة بدرجات متفاوتة فى بعض الأفراد، وتقل بدرجات متفاوتة – كذلك - فى أفراد أخرى، تحمل جميعها نفس التركيب الوراثى ويزداد هذا التداخل مع زيادة تأثر الصفة بالعوامل البيئية – أى مع نقص درجة التوريث – إلى أن تختفى الحدود بين توزيع فئات التراكيب الوراثية وبينما يقترب توزيع الصفة – بين أفراد الجيل الثانى من التوزيع الطبيعى عند غياب السيادة فإنه يكون مجنحا skewed نحو الصفة السائدة فى حالة السيادة



شكل (٥–٦). التوريعات المتوقعة فى الجيل الثانى لصفة بسيطة، يتحكم فيها جين واحد تبلغ درجة توريثها (من أعلى لأسفل فى الشكل) ١٠٠٪، و ٨٧,٥٪، و ٧٥٪، و ٥٠٪، و ٢٥٪ فى حالتى السيادة التامة (العمود الأيمن)، وغياب السيادة (العمود الأيسر) راجع المتن للتفاصيل (عن Allard ١٩٦٤).

درجة التوريث على النطاق الضيق

إن أهم مكونات التباين الوراثي المؤثرة على فاعلية عملية الانتخاب هي التباين الإضافي. فمع افتراض أن الصفة يتحكم فيها جين واحد، ولا تتأثر بالعوامل البيئية (الرسوم العلوية من شكل ٥-٦) نجد أن أي نبات منتخب - عند غياب السيادة - يكون ممثلا للتركيب الوراثي المرغوب، بينما تكون النباتات المنتخبة الحاملة للصفة السائدة - في حالة السيادة - من أحد تركيبين وراثيين هما. السائد الأصيل، أو السائد الخليط وتزداد الحالة تعقيدا كلما قلت درجة توريث الصفة بطبيعة الحال - كما أن التفاعل بين الجينات غير الآليلية، والتفاعلات بين التأثيرات المختلفة للجينات وبعضها البعض، وبين تأثير الجينات وتأثير البيئة يقلل بدرجة أكبر من جدوى الانتخاب، لأن النباتات المنتخبة لا تكون ممثلة للتراكيب الوراثية المرغوب فيها. الأمر الذي لا يتأتى إلا حينما تكون الجينات التي تتحكم في الصفة ذات تأثير إضافي

ولذا فإن درجة التوريث الأهم للمربي هي تلك التي تأخذ في الاعتبار نسبة التباين الإضافي (V_A) إلى التباين الكلي (V_{Ph})، أو هي النسبة المئوية للتباين الإضافي من التباين الكلي. وتسمى درجة التوريث على النطاق الضيق Narrow Sense Heritability (تكتب اختصارا NSH، ويرمز لها - كثيرًا - بالرمز h^2)، وتكتب معادلتها العامة كما يلي

$$NSH = V_A/V_{Ph}$$

يعد التباين الإضافي (V_A) أهم مكونات هذه المعادله، وتتبع عدة طرق لإيجاده، أو لإيجاد درجة التوريث على النطاق الضيق مباشرة، نتناولها بالشرح فيما يلي

• تقدر مكونات التباين الوراثي بزراعة عشائر الأباء والجيلين الأول والثاني والتلقيحات الرجعية - معا - في وقت واحد، وحساب القيمة المشاهدة للصفة موضع الدراسة في كل فرد من كل عشيرة، ثم حساب تباين الصفة في كل عشيرة بالمعادلة العامة التي سبق شرحها لدى التباين البيئي، وهي

$$V = \frac{\sum x^2 - (\sum x)^2/n}{n-1}$$

وبذا .. يمكن الحصول على تباين الأبوين (V_{P1}، و V_{P2}) وتباين الجيلين الأول والثانى (V_{F1}، و V_{F2} على التوالى)، وتباين التلقيحين الرجعيين للأبوين (V_{B1}، و V_{B2} للأبوين الأول والثانى على التوالى)

● تقدر – بعد ذلك – مكونات التباين الوراثى؛ بالاستنباط من المعادلات التالية (عن Simmonds & Smartt ١٩٩٩):

$$V_{F2} = V_A + V_D + V_E$$
$$V_{B1} + V_{B2} = V_A + 2V_D + 2V_E$$
$$V_E = (V_{P1} + V_{P2} + V_{F1})/3$$

ويحسب التباين الإضافى بطرح حاصل ضرب المعادلتين الأولى والثانية من المعادلة الثانية، ثم تحسب قيمة تباين السيادة بطرح التباين الإضافى من التباين الوراثى.

● كما يمكن تقدير مكونات التباين الوراثى كما يلى (عن Benepal & Hall ١٩٦٧):

$$V_A = 2(V_{F2} - ¼ V_D - V_E)$$
$$V_D = 4(V_{B1} + V_{B2} - V_{F2} - V_E)$$

حيث إن V_A، و V_D هما تباينا الإضافة والسيادة، على التوالى.

● تقدر مكونات التباين الوراثى كذلك بالمعادلات التالية (Warner ١٩٥٢):

$$V_A = 2V_{F2} - V_{B1} - V_{B2}$$
$$V_D = V_{F2} - V_E - V_A$$

● وتقدر درجة التوريث على النطاق الضيق – مباشرة – بالمعادلة التالية (عن Warner ١٩٥٢):

$$NSH = [2V_{F2} - (V_{B1} + V_{B2})]/V_{F2}$$

● كما تقدر مباشرة – كذلك – بالمعادلة التالية (عن Sheppard ١٩٧٣):

$$NSH = ½ V_A/(½ V_A + ¼ V_D + V_E)$$

● تقدر كذلك درجتا التوريث على النطاق العريض BSH، وعلى النطاق الضيق NSH باستعمال طريقة Mather & Jinks (١٩٧٧) لمكونات التباين بالتعريض فى المعادلات التالية:

$$V_A = V_{F2} - (V_{B1} - V_{B2})$$

$$V_E = (V_{P1} + V_{F1} + V_{F2})/3$$

$$V_D = V_{F2} - V_A - V_E$$

$$BSH\ (h^2_b) = (V_A + V_D)/V_{F2}$$

$$NSH\ (h^2_n) = V_A/V_{F2}$$

الفصل السادس

الأساس الوراثى للعشائر النباتية

تعرف العشيرة Population بأنها أية مجموعة من الكائنات تنتمى إلى نوع واحد وتعيش مجتمعة، أو تشترك فيما بينها فى صفة أو أكثر، فتطلق – مثلا – كلمة عشيرة على جميع الأسماك التى تنتمى إلى نوع واحد، وتوجد مجتمعة فى بحيرة. وعلى جميع النباتات التى تنتمى إلى نوع معين، وتنمو بريًا فى منطقة جغرافية معينة، وقد كانت تلك أمثلة للعشائر الطبيعية natural populations. كما تطلق كلمة عشيرة على أفراد الجيل الأول، أو الأجيال التالية له فى تهجين ما، فيقال عشيرة الجيل الأول F_1 population (ترمز F إلى كلمة filal التى تعنى تتابعًا بعد جيل الآباء)، وعشيرة الجيل الثانى F_2 population .. إلخ. وقد تكون العشائر لنباتات ذاتية التلقيح، أو خلطية التلقيح، أو خضرية التكاثر، كما قد تكون لجيرمبلازم محسن بوسائل التربية مثل العشائر التركيبية (المخلقة) synthetic populations .. إلخ.

يهتم المربى – بطبيعة الحال – بوصف العشيرة مظهريًا، أو موفولوجيًا، كما يتعين عليه أن يكون ملمًا بالأساس الوراثى للتباينات المظهرية المشاهدة، وهو ما يقودنا إلى دراسة طبيعة الاختلافات، أو التباينات فى النباتات، ولكن يتعين علينا – أولاً – التعرف على النوعيات الرئيسية من الأصناف المتداولة فى الزراعات التجارية.

الأصناف وأنواعها

كان الصنف يعرف فى الماضى باسم variety، ثم تغير إلى cultivar على اعتبار أن الـ cultivar هو الصنف المستخدم فى الزراعة cultived variety، إلاَ أن بعض المؤلفين (مثل: Fehr ١٩٨٧) يستخدمون الكلمتان: variety، و cultivar بذات المعنى دونما تمييز بينهما

ويعرف الصنف بأنه مجموعة من النباتات المتجانسة تكون صفاتها مميزة وثابتة

ويعنى بالتمييز أن نباتات الصنف يمكن تمييزها عن غيرها بصفة واحدة على الأقل – أو أكثر من الصفات المورفولوجية والفسيولوجية، أو غيرها من الصفات الأخرى التي يمكن التعرف عليها ويعنى بالتجانس أن الاختلافات بين نباتات الصنف الواحد فى الصفات المحددة يمكن وصفها ويعنى بالثبات أن الصنف يبقى دائما دونما تغيير، إلى درجه يمكن الوثوق بها فيما يتعلق بصفاته المميزة حال إكثاره أو إعادة تكوينه

ومن أهم مجموعات الأصناف، ما يلى:

١ - أصناف السلالات الخضرية clonal cultivars

وهى التى تنتج عن طريق الإكثار الخضرى لتركيب وراثى متميز

٢ – أصناف السلالات line cultivars

وهى التى تتكون من مجموعة من النباتات – الذاتية أو الخليطة التلقيح – يكون لها خلفية وراثية متماثلة إلى حد كبير (تحدد نظريًا بمعامل اشتراك فى الآباء والأجداد coefficient of parentage لايقل عن ٨٧ ٠) وتكثر تلك الأصناف بالتلقيح الذاتى، أو بالتلقيح بين بعضها البعض، حسب طبيعة التلقيح السائدة فى النوع النباتى المعنى

٣ الأصناف المفتوحة التلقيح من المحاصيل الخلطية التلقيح

وهى أصناف تتميز عن أصناف سلالات المحاصيل الخلطية التلقيح بأن فيها قدرا مسموحا به من التباينات الوراثية، ولكن تلك التباينات لا تؤثر على خاصية تجانس الصنف، وثباته، وتميزه عن الأصناف الأخرى فى صفة واحدة على الأقل

٤ – الأصناف التركيبية synthetic cultivars

تقسم تلك الأصناف بدورها إلى فئتين، هما

أ أصناف تركيبية جيل أول first-generation synthetic cultivars (أو Syn1)

ب - أصناف تركيبية بعد الجيل الأول advanced generation synthetic cultivars

٥ الأصناف الهجين hybrid cultivars (هجين الجيل الأول والهجن الثلاثية والزوجية)

٦ – أصناف الجيل الثانى F_2 cultivars:

يُتحصل على أصناف الجيل الثانى بالتلقيح الذاتى لهجن الجيل الأول، ولكن تلك الأصناف لا يمكن إكثارها لأجيال أخرى، ومن أمثلتها: صنف الطماطم F_2 Foremost، والقاوون Market Pride، والبيتونيا Violet Blue، والبنفسج Seven-Eleven.

٧ – عشائر الهجن المركبة composite-cross populations:

يتم تكوين عشائر الهجن المركبة بتهجين أكثر من صنفين أو سلالتين من محصول ذاتى التلقيح، وإكثار الأجيال التالية من العشائر الانعزالية معًا in bulk فى ظروف بيئية تسمح بحدوث انتخاب طبيعى فيها. ويعنى ذلك أن تلك العشائر تتعرض للتغير الوراثى بصورة دائمة، ولا يمكن المحافظة على بذور المربى فيها كما أنتجت أول مرة. ومن أمثلة تلك الأصناف الشعير Harland، وفاصوليا الليما Mezcla

٨ – الأصناف المتعددة السلالات multilines.

تعرف الأصناف المتعددة السلالات بأنها مخلوط من الأصناف أو السلالات تزيد فيها نسبة كل مكون منها عن ٥٪ ويتم إكثار تلك الأصناف بإكثار كل مكون منها منفردًا ثم خلط بذورها معًا بالنسب المحددة للصنف، ومن أمثلتها صنف القمح Miramar-63 (عن Fehr ١٩٨٧).

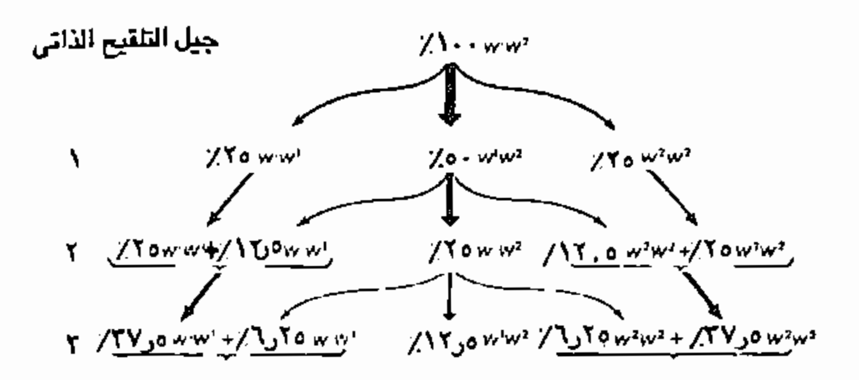
عشائر النباتات الذاتية التلقيح

يؤدى التلقيح الذاتى المستمر – فى النباتات الذاتية التلقيح – إلى أن تصبح جميع النباتات أصيلة تمامًا 100% Homozygous فى جميع عواملها الوراثية، وتقل درجة الأصالة الوراثية عن ١٠٠٪ إذا حدثت بالعشيرة نسبة من التلقيح الخلطى، وكان التلقيح بين نباتات تختلف وراثيًا عن بعضها، ويتوقف مدى الانخفاض فى الأصالة الوراثية – عن ١٠٠٪ على نسبة التلقيح الخلطى التى تحدث فى الطبيعه ويبين شكل (٦–١) تأثير التلقيح الذاتى المستمر على نسبة النباتات الخليطة فى جين واحد. يلاحظ من الشكل أن نسبة النباتات الخليطة تقل بمقدار النصف بعد كل جيل من أجيال التلقيح الذاتى. ويمكن حساب نسبة النباتات الخليطة فى الصفة بعد عدد قدره (ن) من أجيال التلقيح الذاتى من المعادلة التالية:

نسبة النباتات الخليطة فى الصفة = (١/٢)^{ن} × ١٠٠

أما بقية النباتات فتكون أصيلة في الصفة، ويحصل على نسبتها بطرح نسبة النباتات الخليطه من مئة ويعنى ذلك أن نسبة النباتات الخليطة في أى عامل وراثي تصبح على سبيل المثال ‎-١٥٦٢٥‏٪ بعد ٦ أجيال من التلقيح الذاتي، و ٠٣٩ ٪ بعد ٨ أجيال، و ٠٩٨ ٠٪ بعد ١٠ أجيال، و ٠٠٠٠٣ ٠٪ بعد ١٥ جيلا وهكذا فلو ظهرت طفرة أدت إلى تغير التركيب الوراثي الأصيل W^1W^1 إلى W^1W^2 كما في شكل (٦ ١) فإن التلقيح الذاتي المستمر يؤدى إلى اختفاء النباتات الخليطة في هذه الطفرة و نعزال مجموعتين من النباتات، تكون إحداهما أصيلة في الجين الأصلي W^1W^1 والأخرى أصيلة في الطفرة W^2W^2 وإذا حدث تلقيح خلطي طبيعي بين نباتين من هاتين المجموعتين

فإن مصير النبات الخليط الناتج W^1W^2 يكون هو نفس مصير النبات الذى ظهرت فيه الطفرة الأصيلة، حيث يؤدى التلقيح الذاتي المستمر إلى نقص نسبة النباتات الخليطة في النسل بمقدار النصف بعد كل جيل من أجيال التلقيح الذاتي كما سبق بيانه ويعنى ذلك أن الأصالة الوراثية تكون هي السمة المميزة لعشائر النباتات الذاتية التلقيح



شكل (٦-١): تأثير التلقيح الذاتي على النسبة المئوية للنباتات الخليطة يلاحظ أن نسبة النباتات الخليطة تقل بمقدار النصف مع كل جيل من أجيال التلقيح الذاتي (عن Brewbaker ١٩٦٤)

السلالات النقية

تعّرف السلالة النقية Pure Line بأنها النسل الناتج من الإكثار الجنسي لأى نبات ذاتي التلقيح، كما يعد النسل الناتج من الإكثار الجنسي لأفرادها من نفس السلالة

النقية مادام لا يحدث بها أى تغير وراثى بطريق الطفرات، أو نتيجة التلقيح الخلطى مع نباتات من خارج السلالة. ويتضح من التعريف السابق أنه يشترط – لإطلاق اسم سلالة نقية على نباتات محصول ما – أن يكون إكثاره جنسيًّا، وتلقيحه ذاتيًّا، وأن تبدأ السلالة بنسل نبات واحد فقط ولكنها يمكن أن تتسع لتشمل أنسال هذه النباتات أيضًا

كان يوهانسن Johannsen هو الذى توصل إلى ما عرف بنظرية السلالة النقية Pure line theory وذلك فى عام ١٩٠٣ بعد دراسات مستفيضة أجراها على الفاصوليا التى تعد من المحاصيل الذاتية التلقيح، والتى يندر أن يحدث فيها تلقيح خلطى. وقد لاحظ يوهانسن وجود اختلافات كبيرة فى وزن البذور الجافة فى الصنف الواحد، وفى نسل النبات الواحد. وبدأ دراسته بأن سجل وزن ٥٤٩٤ بذرة – كل على حدة - من صنف الفاصوليا Princess، فوجد أن أوزانها قد توزعت توزيعًا طبيعيًّا، وكان المتوسط العام لوزن البذرة الواحدة ٤٩٥ مجم. قام يوهانسن باختيار عدد من البذور، تمثل المدى العام لوزن البذرة، وزرعها فى الموسم التالى، ثم اعتنى بتسعة عشر نباتا منها حتى النضج، حيث حصد بذور كل نبات على حدة، ثم قدر متوسط وزن البذرة فى كل نسل منها، فوجد أنها تراوحت من ٣٥٠ إلى ٦٤٠ مجم/بذرة. كما وجد أن متوسط وزن البذرة كان عاليًا فى النباتات التى نتجت عن زراعة بذور كبيرة، ومنخفضًا فى النباتات التى نتجت من زراعة بذور صغيرة، وهو ما يدل على أن الانتخاب - فى تلك المرحلة - كان فعالا حافظ يوهانسن بعد ذلك على السلالات التسع عشرة، بزراعتها لمدة ستة أجيال، ووجد أن متوسط وزن البذرة ظل ثابتًا فى كل سلالة، طوال فترة التجربة حيث تراوح من ٦٤٠ مجم/بذرة فى السلالة رقم ١ إلى ٣٥٠ مجم/بذرة فى السلالة رقم ١٩

وبالإضافة إلى ما تقدم قام يوهانسن بزراعة أكبر، وأصغر البذور من كل من السلالات التسع عشرة، ووجد أن متوسط وزن البذرة مساو دائمًا – فى نسل النباتات التى نتجت من زراعة بذور كبيرة – لمتوسط الوزن فى نسل النباتات التى نتجت من زراعة بذور صغيرة، وذلك فى كل من السلالات التسع عشرة (جدول ٦–١)، ولم تتغير تلك الحقيقة رغم استمراره فى انتخاب أكبر البذور وأصغرها لستة أجيال متتالية

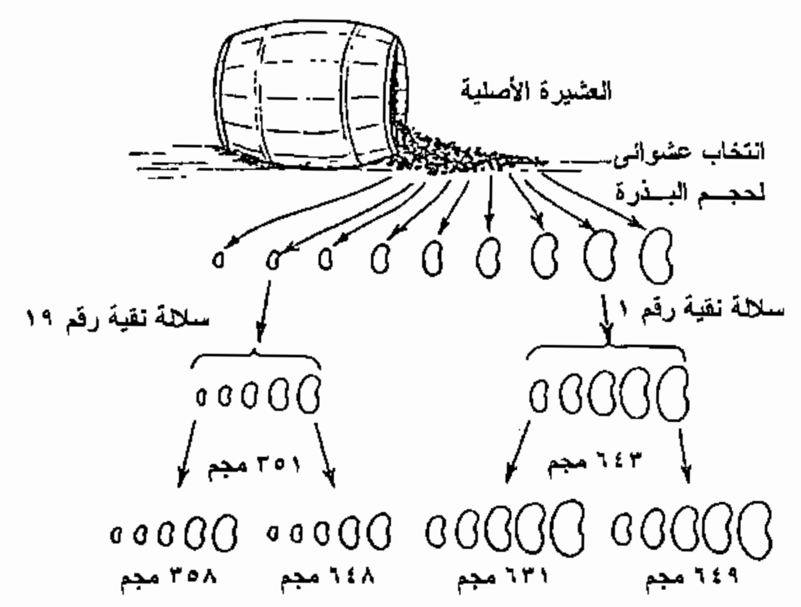
(جدول ٦-٢) . إلا أنه كانت تظهر فى كل جيل اختلافات قليلة فى أوزان البذور داخل كل نسل (شكل ٦-٢)

جدول (٦-١): تباين السلالات النقية لصنف الفاصوليا Princess فى متوسط وزن البذرة، وتأثير الانتخاب داخل كل سلالة لجيل واحد على متوسط وزن البذرة (عن Merrell ١٩٧٥).

السلالة	متوسط وزن البذرة (بالسنتيجرام)	عدد البذور الممثلة للسلالة	وزن البذور المنتخبة كأمهات ٢٠	٣٠	٤٠	٥٠	٦٠	٧٠
			متوسط وزن بذرة النسل (بذكر عدد البذور الموزونة بين الأقواس)					
١	٦٤,٢	(١٤٥)					(٥٤)٦٣,١	(٩١)٦٤,٩
٢	٥٥,٨	(٤٧٥)			(٨٦)٥٧,٢	(١٩٥)٥٤,٩	(١٢٠)٥٦,٥	(٧٤)٥٥.٥
٣	٥٥,٤	(٢٨٢)				(١٤٤)٥٦,٤	(٤٠)٥٦,٦	(٩٨)٥٤,٤
٤	٥٤,٨	(٣٠٧)				(٣٢)٥٤,٢	(١٦٣)٥٣,٦	(١١٢)٥٦,٦
٥	٥١,٢	(٢٥٥)			(١٠٧)٥٢,٨	(٢٩)٤٩.٢		(١١٩)٥٠,٢
٦	٥٠,٦	(١٤١)		(٢٠)٥٣,٥	(١١١)٥٠,٨		(١٠)٤٢.٥	
٧	٤٩.٢	(٣٠٥)	(١٦)٤٥,٩		(٢٦٣)٤٩,٥		(٢٧)٤٨,٢	
٨	٤٨,٩	(١٥٩)		(٢٠)٤٩,٠	(١١٩)٤٩,١	(٢٠)٤٧,٥		
٩	٤٨,٢	(٢٤١)		(١١٧)٤٨,٥		(١٢٤)٤٧,٩		
١٠	٤٦.٥	(٥٣٣)		(٢٨)٤٢,١	(٤١٢)٤٦,٧	(٩٣)٤٦.٩		
١١	٤٥.٥	(٤١٨)		(١١٤)٤٥,٢	(٢١٧)٤٥,٤	(٨٧)٤٦,٢		
١٢	٤٥,٥	(٨٣)	(١٤)٤٩,٦			(٤٢)٤٥,١	(٢٧)٤٤,٠	
١٣	٤٥.٤	(٧١٢)		(٩٣)٤٧,٥	(٢١٩)٤٥,٠	(٢٠٥)٤٥,١	(٩٥)٤٥,٨	
١٤	٤٥,٣	(١٠٦)		(٢١)٤٥,٤	(٥١)٤٦,٩		(٣٤)٤٢,٨	
١٥	٤٥,٠	(١٨٨)	(١٨)٤٦.٩			(١٣١)٤٤.٦	(٣٩)٤٥,٠	
١٦	٤٤,٦	(٢٧٣)		(١٤٧)٤٥,٩	(٩٠)٤٤.١	(٣٦)٤١,٠		
١٧	٤٢.٨	(٢٩٥)	(٧٨)٤٤,٠		(٢١٧)٤٢,٤			
١٨	٤٠.٨	(٣٥٧)	(٥٤)٤١,٠	(٢٠٣)٤٠,٧	(١٠٠)٤٠.٨			
١٩	٣٥.١	(٢١٩)		(٧٢)٣٥,٨	(١٤٧)٣٤.٨			

جدول (٦-٢): تأثير انتخاب البذور الخفيفة والثقيلة لستة أجيال فى السلالة رقم ١ من صنف الفاصوليا Princess

سنة الحصاد	متوسط وزن بذور الأمهات المنتخبة: الوزن الخفيف	متوسط وزن بذور الأمهات المنتخبة: الوزن الثقيل	الفرق	متوسط وزن بذور النسل: الوزن الخفيف	متوسط وزن بذور النسل: الوزن الثقيل	الفرق
١٩٠٢	٦٠	٧٠	١٠	٦٣,١٥	٦٤,٨٥	١,٧٠ +
١٩٠٣	٥٥	٨٠	٢٥	٧٥,١٩	٧٠,٨٨	٤,٣١ -
١٩٠٤	٥٠	٨٧	٣٧	٥٤,٥٩	٥٦,٦٨	٢,٠٩ +
١٩٠٥	٤٣	٧٣	٤٠	٦٣,٥٥	٦٣,٦٤	٠,٠٩ +
١٩٠٦	٤٦	٨٤	٣٨	٧٤,٣٨	٧٣,٠٠	١,٣٨ -
١٩٠٧	٥٦	٨١	٢٥	٦٩,٠٧	٦٧,٦٦	١,٤١ -



شكل (٦-٢): رسم تخطيطى لدراسات يوهانسن على متوسط وزن البذرة فى صنف البسلة Princess، والتى توصل منها إلى نظرية السلالة النقية pure line theory يلاحظ من الشكل أن العشيرة الأصلية كانت متباينة فى متوسط وزن البذرة، وعندما زرعت تلك البذور أعطت كلا منها نسلاً تباين فى أوزان بذوره إلا أن متوسط وزن بذور كل نسل كان قريبًا من وزن البذرة التى أنتجته، واستمر ذلك الأمر حتى مع تكرار الانتخاب فى وزن بذور كل نسل لجيل ثانٍ (عن Poehlman & Sleper ١٩٩٥).

وقد توصل يوهانسن – من هذه الدراسة – إلى أن نسل أى نبات ذاتى التلقيح يكون عباره عن سلالة نقية لا يجدى فيها الانتخاب، ورغم أنه قد يظهر بين نباتاتها بعض الاختلافات، إلا أنها تكون بيئية ولا تورث ويفسر ذلك – وراثيًا على أساس أن التلقيح الذاتى المستمر فى النباتات الذاتية التلقيح يجعل كل نبات فى العشيرة أصيلاً وراثيًا ونظرا لأن أية طفرة حدثت فى الماضى تكون قد انعزلت إلى فئتين من لنباتات أصيلة سائدة، وأصيلة متنحية فإن نباتات العشائر الطبيعية قد تختلف عن بعضها وراثيًا ويودى التلقيح الذاتى لأى نبات منها إلى إنتاج سلالة نقية لا تظهر بها أية انعزالات وراثية، لأنها تنتج من التلقيح الذاتى لنبات أصيل وراثيًا. وتتحدد لاختلافات بين هذه السلالات بمدى الاختلافات الوراثية بين النباتات التى انحدرت منها وإذا ظهرت اختلافات بين نباتات كل سلالة فإن مردها يكون إلى البيئة ولا تورث ويفسر ذلك الاختلافات التى حصل عليها يوهانسن بين السلالات التسع عشرة، ثم ثبات صفاتها بعد ذلك رغم استمرار انتخابه لأكبر البذور وأصغرها فى كل سلالة منها لستة أجيال

يمكن – استنادًا إلى ما تقدم – وصف السلالة النقية بأن جميع أفرادها تكون أصيلة وراثيًا، ومتماثلة تمامًا مع بعضها فى تركيبها الوراثى، أى إنها تكون 100% homozygous، و 100% homogenous، وغنى عن البيان . أن أفرادها لا تكون أصيلة سائدة فقط أو أصيلة متنحية فقط فى جميع العوامل الوراثية، بل إن العكس هو الصحيح، حيث تكون بعض المواقع الجينية أصيلة سائدة، وبعضها الآخر أصيلة متنحية

الأصناف البلدية (غير المحسنة)

تعد الأصناف البلدية غير المحسنة land varieties عشائر طبيعية، أدخلت فى الزراعة فى المناطق التى تنتشر فيها زراعة هذه الأصناف، وهى تتميز بتأقلمها على الظروف البيئية السائدة، وتحملها للآفات المنتشرة فى هذه المناطق، لذا فإنها تعد مصدرا جيدا لهذه الصفات على الرغم من أنها قليلة التجانس. وأقل محصولا وجودة من الأصناف المحسنة

تتميز عشائر الأصناف البلدية من المحاصيل الذاتية التلقيح بأنها قليلة التجانس، حيث تظهر اختلافات مظهرية واضحة بين أفرادها ويكون لها أساس وراثى، كما أن كل فرد منها يكون أصيلا وراثيًّا بدرجة عالية، ولكن أصالتها الوراثية تظل - غالبا - أقل من ١٠٠٪، ويفسر ذلك على أساس أن ظهور أية طفرة يتبعه انعزال فئتين أصيلتين من النباتات، تحتوى إحداهما على الجين الطبيعى وتحتوى الأخرى على الطفرة ومن الطبيعى أن الطفرات تحدث فى نباتات مختلفة، ثم تتأصل فى نسلها فقط، بينما تضل بقية النباتات فى العشيرة خالية منها ورغم ضآلة معدل ظهور الطفرات الطبيعية إلا أنها تظهر على مر السنين، وفى عديد من المواقع الجينية، وهو ما يؤدى إلى عدم تجانس أفراد العشيرة الواحدة فى تركيبها الوراثى ويساعد حدوث نسبة بسيطة من التلقيح الخلطى إلى ظهور عديد من الانعزالات الوراثية. التى تتأصل مرة أخرى مع معاودة التلقيح الذاتى، فتبقى النباتات أصيلة، ولكن تزيد بالعشيرة حالة عدم التجانس الوراثى. وبرغم أن التلقيح الذاتى يؤدى إلى الأصالة الوراثية التامة إلا أنها تظل أقل من ١٠٠٪، بسبب التلقيحات الخلطية القليلة التى قد تحدث - أحيانا - بين النباتات التى تختلف عن بعضها وراثيًّا.

الأصناف المحسنة الثابتة وراثياً

تعرف الأصناف المحسنة improved varieties غير الهجين من المحاصيل الذاتية التلقيح بأنها ثابتة وراثيًا stable، وذاتية الإكثار self-reproducing، وصادقة التربية true-breeding، وذلك لأن هذه الأصناف تُكثر بواسطة نسلها الناتج من التلقيح الذاتى الطبيعى، ولا تتغير صفاتها من جيل إلى آخر. هذا .. ولا يجوز - كما يحلو للبعض وصف تلك الأصناف بأنها مفتوحة التلقيح، لأنها ليست كذلك، فالتلقيح المفتوح هو التلقيح الخلطى العشوائى

تتميز هذه الأصناف بأنها تكون على درجة عالية من التجانس الوراثى highy homogenous لأنها تكثر - منذ بداية إنتاجها - من نباتات متجانسة مظهريًّا ووراثيًّا فى جميع الصفات الاقتصادية المهمة، كما تتم المحافظة عليها من أى خلط وراثى باستئصال النباتات المخالفة للصنف التى تظهر كطفرات - أولاً بأول - من حقول

إنتاج البذور، التي تعزل بدورها عن حقول الأصناف الأخرى بمسافة مناسبة. يمنع حدوث أي خلط ميكانيكي أو وراثي ويكون كل نبات في العشيرة أصيلا وراثيًا، بدرجة تصل إلى ١٠٠ في جميع الصفات الاقتصادية المهمة، ولكن تبقى دائما حالات قليلة من الخلط الوراثي heterozygosity في بعض المواقع التي لا يكون لها تأثير مظهري واضح. وبينما ترجع الأصالة إلى التلقيح الذاتي المستمر فإن الخلط الوراثي يحدث بسبب التلقيحات الخلطية التي تحدث بنسبة منخفضة بين أفراد تكون حاملة لأليلات مختلفة من هذه الجينات.

الأصناف الهجين

تستخدم الأصناف المحسنة الثابتة وراثيًا، أو السلالات النقية كآباء لإنتاج الأصناف الهجين من المحاصيل الذاتية التلقيح. ونظرا لأن أيًا من الآباء المستخدمة يكون أصيلا وراثيًا، ولا ينتج سوى نوع واحد من الجاميطات لذا فإن اتحاد جاميطات الأبوين ينتج عنه تركيب وراثي واحد هو الصنف الهجين؛ أي إن الصنف الهجين يكون متجانسا بنسبة ١٠٠٪ أو قريبا من ذلك. هذا وتختلف الآباء المستخدمة في إنتاج الصنف الهجين عن بعضها وراثيًا - الى حد كبير - (تزيد عادة قوة الهجين كلما بعدت القرابة بين الأبوين) وهو ما يعني أن النباتات الهجين تكون على درجة عالية من الخلط الوراثي highly heterozygous

عشائر النباتات الخلطية التلقيح

تتميز عشائر النباتات الخلطية التلقيح – التي تكثر بالتلقيح الخلطي الطبيعي بين أفرادها بأنها تكون غير متجانسة وراثيًا heterogenous، كما تكون أفرادها خليطة وراثيًا heterozygous، ولكن تتفاوت النوعيات المختلفة من عشائر هذه النباتات في درجتي عدم التجانس والخلط الوراثي، ويعد التلقيح الخلطي - الذي تكثر به هذه العشائر في الطبيعة المسئول الأول عن حالتي عدم التجانس والخلط الوراثي فيها لأنه يؤدي إلى تكوين وانعزال تراكيب وراثية جديدة بصفة دائمة، بينما لا تتوفر الفرصة لحدوث تلقيح ذاتي، يمكن أن يؤدي إلى تأصيل الصفات

وتشترك جميع الجينات الموجودة فى العشيرة الواحدة، التى تدخل فى شتى التراكيب الوراثية التى تمثل أفرادها العشيرة فيما يسمى بمجمع الجينات gene pool، الذى يعطى – فى المتوسط نفس التأثير فى الشكل المظهرى من جيل إلى آخر مادام أنه لا يحدث تغيير فى نسبة الآليلات المختلفة لكل جين فى العشيرة ولكن يتحدد مصير الجين فى العشائر الطبيعية بمدى تأثيره فى الشكل المظهرى؛ فإن كان تأثيره ضارا فإن نسبته تقل تدريجيًّا، والعكس صحيح، وإذا كان الجين ذو التأثير الضار مرتبطا بجين آخر ذى تأثير مفيد فإن نسبة الجين الضار تبقى مرتفعة - إلى حد ما بسبب الانتخاب الذى يحدث لصالح الجين المفيد المرتبط معه ولكن يتوقف التوازن النهائى على مدى الضرر الذى يحدثه الجين الضار، ومدى الفائدة التى تعود من الجين المفيد وعندما تصل العشيرة إلى حالة التوازن فإن نسبة آليلات الجينات المختلفة تظل ثابتة من جيل لآخر مادامت الظروف البيئية لم تتغير

وبناء على ما تقدم بيانه فليس هدف مربى المحاصيل الخلطية التلقيح هو البحث عن نبت، أو مجموعة نباتات ذات تركيب وراثى جيد، بل هو البحث عن مجمع للجينات تعطى أفرادها - معا - أشكالا مظهرية مرغوبًا فيها ومتقاربة (رغم أنها تكون خليطة وتختلف وراثيًّا عن بعضها) مع دوام نفس التأثير جيلا بعد آخر

ويمكن القول .. إن مصير أى جين فى مجمع الجينات يتوقف على مدى تأثيره فى كل من الحالات التالية:

١ – الحالة الأصيلة

٢ – الحالة الخليطة مع الآليلات الأخرى للجين فى نفس الموقع

٣ حالات الانعزالات التى تؤثر فيها جينات أخرى غير آليلية عليها (حالات التفوق epistasis)

٤ – حالات الارتباط الشديد مع الجينات الأخرى الضارة أو المفيدة

يتضح من كل ما تقدم أن فهم الأساس الوراثى للنباتات الخلطية التلقيح يتطلب دراسة الجينات فى العشائر، ويعد قانون هاردى – فينبرج وسيلة لتحقيق هذا الهدف

الأصناف البلدية (غير المحسنة)

يتميز الأصناف البلدية غير المحسنة من المحاصيل الخلطية التلقيح بأنها تكون على درجة عالية من عدم التجانس الوراثى highly heterogenous، الذى يكون مصاحبا بقدر كبير من عدم التجانس المورفولوجى، لأن نباتات العشيرة تكون غالبا غير متجانسة فى كل من الصفات الاقتصادية الظاهرة وغير الظاهرة (وهى التى يلزمها التعرض لظروف بيئية معينة، حتى يمكن تمييزها) على حد سواء. وبالإضافة إلى ذلك فإن كل نبات فى العشيرة يكون خليطا بدرجة عالية highly heterozygous ويكون مرد ذلك كله إلى التلقيح الخلطى، مع حالة الإهمال التى تعامل بها الأصناف البلدية – عادة – حيث لا تجرى محاولات لتحسينها، وجعلها أكثر تجانسا.

الأصناف المحسنة المفتوحة التلقيح

يطلق على الأصناف المحسنة التى تكثر بالتلقيح الخلطى الطبيعى العشوائى بين أفرادها اسم الأصناف المفتوحة التلقيح Open-pollinated Varieties. لا يجوز إطلاق هذا الوصف على الأصناف غير الهجين من المحاصيل الذاتية التلقيح كما أسلفنا. ونظرا لأن هذه الأصناف تعد محسنة؛ لذا فإنها تكون – عادة – أصيلة فى الصفات الاقتصادية المهمة، خاصة النوعية منها، فإذا كان الصنف المفتوح التلقيح المحسن مقاوم لمرض معين، أو يتميز بلون أو شكل معين للثمار فإن جميع نباتات الصنف تكون أصيلة ومتجانسة فى هذه الصفات. كما يحاول المربى أيضا – تأصيل الصفات الكمية المهمة، ولكن هذا الهدف ربما لا يتحقق كاملا، وبذا يبقى جزء من الجينات التى تتحكم فى الصفات الكمية الاقتصادية، والجينات الأخرى التى تتحكم فى الصفات غير المنظورة بحالة خليطة، ويتحدد المظهر العام للعشيرة بحالة التوازن التى تصل إليها نسب آليلات كل جين، تبعا لقانون هاردى-وينبرج. ويساعد التلقيح الخلطى المستمر على بقاء النباتات خليطة heterozygous، والعشيرة غير متجانسة heterogenous فى هذه الصفات. وتتوقف درجتا الخلط وعدم التجانس الوراثى على نسبة المواقع الجينية غير الأصيلة، وهى التى تقل كلما أعطى المربى اهتمامًا أكبر لتجانس الصفات فى العشيرة، قبل نشر زراعتها كصنف جديد.

السلالات المرباة داخلياً

تستعمل السلالات المرباة داخليًا Inbred lines من المحاصيل الخلطية التلقيح كآباء في الهجن التجارية، وهي تنتج بالتقليح الذاتي الصناعي المستمر لعدة أجيال، وهو ما يعرف بالتربية الداخلية Inbreeding

تتميز السلالات المرباة – داخليًا – بأنها تكون على درجة عالية من التجانس الوراثي highly homogenous، وأن نباتاتها تكون على درجة عالية من الأصالة الوراثية highly homozgyous، ولكن بدرجة أقل مما في السلالات النقية pure lines التي يكون تجانسها وأصالتها الوراثية تامين، ويرجع السبب في ذلك إلى أن التلقيح الذاتي الصناعي المتبع في إنتاج السلالات المرباة داخليًا نادرا ما يدوم لأكثر من ستة أجيال. ثم تكثر السلالات – بعد ذلك – بالتلقيح الخلطي بين نباتات كل سلالة (sib pollination) ويسمح هذا العدد من أجيال التلقيح الذاتي بوجود نسبة بسيطة من الأفراد الخليطة في كل موقع جيني، كما يؤدي إكثار السلالة بالتلقيح الخلطي بين نباتاتها إلى حدوث بعض الانعزالات الوراثية، وهو ما يجعلها أقل تجانسا من السلالات النقية

ونظرا لأن بعض الأنواع النباتية تتدهور بشدة مع التربية الداخليه، لذا فإن المربى يلجأ إلى إكثارها بالتلقيح الخلطي بين نباتات النسل الواحد بعد الجيل الثالث – أو الرابع - للتلقيح الذاتي. ويقابل ذلك نقص في كل من درجتي التجانس الوراثي والأصالة الوراثية

الأصناف الهجين

تتشابه هجن المحاصيل الخلطية التلقيح مع هجن المحاصيل الذاتية التلقيح في كونها على درجة عالية من التجانس الوراثي highly homogenous، وأن نباتاتها خليطة وراثيًا بدرجة عالية highly heterozygous ويقال في تفسير ذلك ما سبق ذكره بالنسبه لهجن المحاصيل الذاتية التلقيح، لأن الآباء التي تستخدم في إنتاج الهجن في كليهما عبارة عن سلالات أصيلة لا تنعزل ويشذ عن ذلك هجن بعض المحاصيل

الخلطيه التلقيح، التي تتدهور بشدة بالتربية الداخلية، والتي لا يمكن إكثار سلالاتها المرباة داخليًا بالتلقيح الذاتي بعد الجيل الثالث

عشائر النباتات الخضرية التكاثر

يؤدي التراكم المستمر للطفرات في النباتات الخضرية التكاثر إلى جعلها على درجة عاليه من الخلط الوراثي highly heterozygous، خاصة أنها تتكاثر خضريًا ولا تمر بالتلقيح الذاتي، فإذا حدثت طفرة، وغيرت موقعا جينيًا مثلا من AA إلى Aa فإنه يبقى على هذه الصورة مع استمرار الإكثار الخضري ويؤدي ظهور مزيد من الطفرات على مر السنين في نسل نفس النبات الذي ظهرت فيه الطفرة إلى أن يصبح النبت خليط بدرجة كبيرة، وهذا هو الطابع العام المميز لجميع عشائر النباتات الخضرية التكاثر، ولكنها تختلف فيما بينها في درجة التجانس الوراثي homogenity بين أفرادها

العشائر الطبيعية

تتميز العشائر الطبيعية من النباتات الخضرية التكاثر بأنها تكون على درجه عالية من عدم التجانس الوراثي highly heterogenous، ويرجع ذلك إلى أن الطفرة التي تظهر في نبات ما تظل محصورة في نسل هذا النبات فقط ونظرا لأن الطفرات تظهر عشوائيًا في أي نبات؛ لذا نجد أن العشيرة الطبيعية تتباين كثيرًا في صفاتها الوراثية، ويكون ذلك مصاحبا بتباين مماثل في الشكل المظهري لنباتاتها وتكون العشائر الطبيعيه على درجة عالية من الخلط الوراثي، مثل بقية عشائر النباتات الخضرية التكاثر

الأصناف البلدية غير المحسنة

تتشابه الأصناف البلدية غير المتجانسة مع العشائر الطبيعية وراثيًا إلى حد كبير. إلا أنها تكون على درجة أعلى من التجانس الوراثي بين أفرادها، بسبب اهتمام المزارعين بإكثار النباتات المميزة في صفاتها وبرغم أن نباتات البستان الواحد قد

تكون متجانسة إلى حد ما . إلا أن الصنف - عامة - يبقى غير متجانس إلى حد كبير، ويمكن ملاحظة اختلافات كبيرة بين نباتات الصنف الواحد من مزرعة إلى أخرى.

السلالات الخضرية

إن السلالة الخضرية Clone هي النسل الناتج من الإكثار الخضري لنبات واحد، ويمكن أن ينتمي النسل الناتج من الإكثار الخضري لنباتات السلالة الخضرية إلى نفس السلالة الخضرية أيضًا مادام أنه قد أمكن تتبع النسب، مع التأكد من عدم ظهور طفرات بها.

وبينما تكون نباتات السلالة الخضرية على درجة عالية من الخلط الوراثي (مثل باقي عشائر النباتات الخضرية التكاثر) .. فإنها تكون متجانسة بنسبة ١٠٠٪؛ لأن مرد جميع أفرادها يكون إلى نبات واحد أكثر خضريًا. ويفسر ذلك عدم جدوى الانتخاب في السلالة الخضرية الواحدة.

وإلى جانب ما تقدم بيانه من خصائص .. فإن السلالة الخضرية تتميز - كذلك - بما يلي:

١ - يتحدد الشكل المظهري للسلالة الخضرية بتأثيرات كل من التركيب الوراثي G، و العوامل البيئية E، والتفاعل بين التركيب الوراثي والبيئة GE، أي إن:

$$P = u + G + E + GE$$

حيث إن: P الشكل المظهري للسلالة الخضرية، و u المتوسط العام للعشيرة

ويعني ذلك أن الاختلافات المظهرية بين السلالات الخضرية يكون مردها جزئيًا إلى تراكيبها الوراثية، وجزئيًا إلى البيئة والتفاعل بين التركيب الوراثي والبيئة. وبذا .. فإن كفاءة الانتخاب بين السلالات الخضرية تتحدد - مثلما تتحدد في السلالات النقية - بمدى دقة تقدير مكونات تأثير البيئة والتفاعل بين التركيب الوراثي والبيئة على الشكل المظهري.

٢ - استمرار احتفاظ السلالة الخضرية بجميع صفاتها إلى ما لا نهاية، ما لم تظهر بها طفرات، وتكون فرصة ظهور الطفرات السائدة أكبر كثيرًا من فرصة ظهور الطفرات

لتنحية، ذلك لأن الطفرات المتنحية لا تظهر إلاّ فـي إحـدى حـالتين نادرتـا الحـدث. هما

أ أن يكون النبات خليط أصلا في الموقع الجيني الذى حدثت فيه الطفرة

ب أن تحدث الطفرة المتنحيه في كلا الآليلين السائدين في آن واحد

٣ تتعرض السلالات الخضرية للتدهور الشديد في قوة النمو مـع التربيـة الداخليـة نظرا لان أفرادها تكون على درجة عالية من الخلط الوراثي

٤ تتعرض السلالات الخضرية للتدهور سنة بعـد أخـرى دونما تربيـة داخليـة وهي ظاهرة التي تعرف باسم clonal degeneration والتي قـد ترجـع إمـا إلى ظهور الطفرات بها، وإما إلى اصابتها بالفيروسات (عن Singh ١٩٩٣)

الأصناف المحسنة

تكون الأصناف المحسنة على درجة عالية من الخلط الوراثي highly heterozygous، كغيرها من عشائر النباتات الخضرية التكاثر، إلا أنها تكون على درجة عالية جداً من التجانس الوراثي highly homogenous. ذلك لأنها تنشأ بالإكثار الخضرى لنبات واحد متميز، ولا تحدث اختلافات وراثيه بينـها، إلا إذا ظـهرت طفـرات فيـها، ولم ننتبـه اليها. وظلت تكثر مع الصنف الأصلي، حيث تتميز – حينئـذ – سـلالات جديـدة مـن كل صنف، قد تكثر منفردة بدورها، وتصبح أصنافا جديدة

الهجن

إن هجن النباتات الخضريه التكاثر ليست سوى أصنـاف محسـنه، نشـأت بالإكثـار الخضرى لنبات هجين جيد الصفات، وبذا فإنها تتشابه مع الأصناف المحسـنة فـي كون نباتاتها على درجه عاليه من الخلط الوراثـي highly heterozygous، بينما تكـون أفراد العشيرة الواحدة على درجة عالية من التجانس highly homogenous

هذا ويصعب إجراء التحليل الوراثـي للصفـات فـي النباتـات الخضريـة التكـاثر، بسبب ضعف ازهارها، وكثرة عقمـها، ولأنـها معمرة، بالإضافـة إلى مشـاكل التضـاعف لكروموسومي فيها

ويلخص جدول (٦-٣) الخصائص العامه المميزة لمختلف العشائر النباتية

قانون هاردى/فينبرج

يستخدم قانون هاردى/فينبرج Hardy-Weinberg Law فى دراسة العشائر المندلية Mendelian populations، وهى العشائر التى تتكون من أفراد تتزاوج مع بعضها جنسيًا وقد بدأت دراسة العشائر من الوجهة الوراثية منذ عام ١٩٠٨، حينما قدم كل من هاردى فى إنجلترا. وفينبرج من ألمانيا (فى عام ١٩٠٩) قواعد جديدة لدراسة تكرار الجينات gene frequencies فى العشائر المندلية ويُقصد بالتكرار الجينى لجين ما فى العشيرة . توضيح إن كان هذا الجين نادرًا فى العشيرة أو غير نادر بالنسبة لآليلاته الأخرى الموجودة فى نفس العشيرة.

جدول (٦-٣): الخصائص العامة المميزة لمختلف العشائر النباتية (عن Chopra ٢٠٠٠).

العشيرة (أ)	نوع التلقيح	التركيب الوراثى للفرد	التركيب الوراثى للعشيرة	الثبات مع الإكثار	إمكانية إعادة تكوين العشيرة مرة أخرى
السلالة النقية	ذاتى	أصيل	متجانسة	ثابتة	غير ممكنة
الهجين	ذاتى وخلطى	خليط	متجانس	غير ثابت	ممكنة
الـ composites	خلطى	أصيل وخليط	غير متجانسة	ثابتة مورفولوجيا	غير ممكنة
التركيبية	خلطى	أصيل وخليط	غير متجانسة	ثابتة مورفولوجيا	ممكنة
متعددة السلالات	ذاتى	أصيل	غير متجانسة	ثابتة	ممكنة
مخاليط الأصناف	ذاتى	أصيل	غير متجانسة	ثابتة	ممكنة

(أ) تعتبر جميع العشائر متجانسة مورفولوجيًا.

وقد أظهر هاردى وفينبرج أن العشائر المندلية تحتوى على أى نسب لكل من الآليلات السائدة والمتنحية لأى جين دونما أية علاقة بالنسب المندلية المعروفة، وأن التكرار النسبى لكل آليل يبقى ثابتا من جيل إلى آخر إذا ما توفرت شروط معينة

افتراضات قانون هاردى/فينبرج

يفترض قانون هاردى/فينبرج توفر الشروط التالية :

١ - ألا يحدث انتخاب طبيعى، أو انتخاب بواسطة الإنسان لصالح أى من التراكيب الوراثية فى العشيرة، أو ضدها

٢ – أن يكون التزاوج بين أفراد العشيرة عشوائيًّا random mating ويقصد بذلك أن يكون لكل نبات نفس الفرصة لأن يُلقَّح بحبوب لقاح من أى نبات آخر

٣ – أن تكون العشيرة كبيرة بالقدر الذى يسمح بحدوث كل التزاوجات الممكنة بين أفرادها

٤ – ألا تحدث هجرة migration إلى العشيرة من عشائر مندلية أخرى

٥ – أن يكون معدل حدوث الطفرات الشائعة واحدًا فى كلا الاتجاهين، أى بنفس المعدل من A إلى a مثلاً، كما هو من a إلى A.

٦ - أن تتساوى جميع أفراد العشيرة فى حيويتها وخصوبتها.

نص قانون هاردى/فينبرج

ينص قانون هاردى/فينبرج على أنه إذا كانت نسبة الآليلين A و a فى عشيرة مندلية هى p و q على التوالى (حيث $p + q = 1$) . فإن نسب التراكيب الوراثية المختلفة تكون كما يلى

$$p^2 = AA$$

$$2pq = Aa$$

$$2q = aa$$

حيث $1 = q^2 + 2pq + p^2$

وتصل أية عشيرة إلى حالة التوازن الوراثى بعد جيل واحد من التزاوج العشوائى، وتظل على حالة التوازن هذه (من حيث نسب التراكيب الوراثية الأصيلة السائدة، والخليطة، والأصيلة المتنحية لكل موقع جينى) ما دامت شروط القانون قد تحققت ويبين شكل (٦–٣) نسب التراكيب الوراثية المختلفة الأصيلة والخليطة، التى تصل إليها حالة التوازن فى العشيرة عند النسب المختلفة لآليلى الجين

إثبات قانون هاردى/فينبرج

يمكن إثبات قانون هاردى–فينبرج على النحو التالى إذا افترضنا وجود زوج من الآليلات A_1 و A_2 فى أحد المواقع الجينية، ورمزنا لنسب الآليلات والتراكيب الوراثية الأصيلة والسائدة كما يلى

التراكيب الوراثية			الجينات	
A_2A_2	A_1A_2	A_1A_1	A_2	A_1
Q	H	P	q	p

فإن ذلك يعنى وجود ٩ تزاوجات عشوائية ممكنة بين التراكيب الوراثية المختلفة يمكن أن تأخذ الرموز التالية:

التراكيب الوراثية ونسبتها فى الأم			التراكيب الوراثية ونسبتها فى الأب		
			A_1A_1	A_1A_2	A_2A_2
			P	H	Q
	A_1A_1	P	P^2	PH	PQ
	A_1A_2	H	PH	H^2	HQ
	A_2A_2	Q	PQ	HQ	Q^2

نسبة التراكيب الوراثية

١,٠ ، ٠,٩ ، ٠,٨ ، ٠,٧ ، ٠,٦ ، ٠,٥ ، ٠,٤ ، ٠,٣ ، ٠,٢ ، ٠,١ ، صفر

A_1A_1 A_2A_2 A_1A_2

صفر ٠,١ ٠,٢ ٠,٣ ٠,٤ ٠,٥ ٠,٦ ٠,٧ ٠,٨ ٠,٩ ١,٠

نسبة الآليل A_2

شكل (٦-٣): نسب التراكيب الوراثية المختلفة الأصيلة والخليطة التى تصل إليها حالة التوازن فى العشيرة عند النسب المختلفة لآليلى الجين. يبين المحور الأفقى نسبة الآليل A_2، أما نسبة الآليل A_1 فتكون قيمتها $1-A_2$ عند كل قيمة لنسبة الآليل A2 (Falconer ١٩٨١).

ونظرا لأنه لا يهم مصدر الجاميطات أهى من الأب أم من الأم، لذا فإنه يمكن ضم أنواع ونسب الجاميطات معا، كما يظهر فى العمود الأيمن من جدول (٦-٤) يلاحظ فى الجدول أن التزوج $A_1A_1 \times A_1A$ يحدث بنسبة p^2، وينتج عنه تركيب وراثى واحد هو A_1A_1 تكون نسبته p^2 أيضا. أما التلقيح $A_1A_2 \times A_1A_2$ الذى يحدث بنسبة H^2 فإنه ينتج التراكيب الوراثية الثلاثة A_1A_1 بنسبة H^2 ¼، و A_1A_2 بنسبة H^2 ½، و A_2A_2 بنسبة H^2 ¼ وبذا فإنه يمكن الحصول على التراكيب الوراثية التى تنتج من كل تزاوج ونسبتها. تظهر محصلة جميع التزاوجات أسفل الجدول، حيث يتبين أن نسبة التراكيب الوراثية المتحصل عليها من جميع التزاوجات هى p^2، و $2pq$، و q^2 للتراكيب الوراثية A_1A_1، و A_1A_2، و A_2A_2 على التوالى، وهو ما يثبت وصول العشيرة إلى حالة التوازن بعد جيل واحد من التلقيح العشوائى (Falconer ١٩٨١)

جدول (٦-٤) نسب التراكيب الوراثية المتحصل عليها بعد جيل واحد من التزاوج العشوائى لعشيرة يوجد فيها ثلاثة تراكيب وراثية هى A_1A_1 بنسبة P، و A_1A_2 بنسبة H، و A_2A_2 بنسبة Q

التزاوج		التراكيب الوراثية التى تنتج من التزاوجات ونسبها		
نوع التزاوج	نسبته	A_1A_1	A_1A_2	A_2A_2
$A_1A_1 \times A_1A_1$	P^2	P^2	----	----
$A_1A_1 \times A_1A_2$	$2PH$	PH	PH	----
$A_1A_1 \times A_2A_2$	$2PQ$	----	$2PQ$	----
$A_1A_2 \times A_1A_2$	H^2	$\frac{1}{4} H^2$	$\frac{1}{2} H^2$	$\frac{1}{4} H^2$
$A_1A_2 \times A_2A_2$	$2HQ$	----	HQ	HQ
$A_2A_2 \times A_2A_2$	Q^2	----	----	Q^2
	المجموع	$(P + \frac{1}{2} H)^2$	$2(P + \frac{1}{2} H)(Q + \frac{1}{2} H)$	$(Q + \frac{1}{2} H)^2$
		p^2	$2pq$	q^2

مثال افتراضى على إثبات قانون هاردى-فينبرج

كمثال على ما تقدم بيانه، نفترض أن المربى كون عشيرة بزراعة ٢٠ نباتا أصيلا متنحيًا (aa) مع ٤٠ نباتا خليطا (Aa)، و ٤٠ نباتًا أصيلا سائدا (AA) فى إحدى

الصفات والمطلوب هو معرفة هل هذه العشيرة في حالة توازن؟ وإن لم تكن كذلك .. فمتى تصل إلى حالة التوازن؟ وما حالة التوازن التى تصل إليها حينئذ ؟ وتتطلب الإجابة عن هذه الأسئلة أن نفترض حدوث تلقيح عشوائى بين هذه النباتات، لنعرف ما سيكون عليه وضع العشيرة فى الجيل التالى

عندما تكوّن هذه العشيرة جاميطاتها المذكرة والمؤنثة فإنها تكون على النحو التالى.

تنتج الآباء حبوب لقاح تحمل الآليل (A)، وتكون نسبتها p = ٠,٤ (من التراكيب الوراثى AA) + ٠,٢ (من التركيب الوراثى Aa) = ٠٦ ، كما تنتج حبوب لقاح أخرى تحمل الآليل (a) تكون نسبتها q = ٠٢ (من التركيب الوراثى Aa) + ٠٢ (من التراكيب الوراثى Aa) = ٠٤ وتنتج الأمهات - فى الوقت ذاته – بيضات تحمل الآليل (A) بنسبة p = ٠.٠٦، وبيضات تحمل الآليل (a) بنسبة q = ٠,٤ أيضًا. ويؤدى التزاوج الاعتباطى بينها إلى أن تصبح نسب التراكيب الوراثية المختلفة فى الجيل الثانى كما يلى

الآباء	الأمهات	
	٠,٦ = p = A	٠,٤ = q = a
٠,٦ = p = A	٠,٣٦ = p^2 = AA	٠,٢٤ = pq = Aa
٠,٤ = q = a	٠,٢٤ = pq = Aa	٠,١٦ = q^2 = aa

أى إن AA = p^2 = ٠,٣٦، و Aa = 2pq = ٠,٤٨، و aa = q^2 = ٠.١٦ وتلك هى حالة التوازن التى تصبح عليها العشيرة، وهى التى تصل إليها بعد جيل واحد من التلقيح الخلطى العشوائى، تبعًا لقانون هاردى–فينبرج

ولإثبات أن هذا الوضع الجديد هو – فعلاً – حالة التوازن التى تظل عليها العشيرة .. نفترض حدوث تلقيح خلطى مرة أخرى، لنعرف ما سيكون عليه وضع العشيرة بعد جيل آخر من التلقيح العشوائى. نجد أن هذه العشيرة تنتج حبوب لقاح، تحمل الآليل (A) بنسبة q = ٠,٣٦ (من التركيب الوراثى AA) + ٠,٢٤ (من التراكيب الوراثية Aa) = ٠,٠٦٠، كما تنتج حبوب لقاح أخرى تحمل الآليل (a) تكون نسبتها q = ٠ ١٦ (من التراكيب الوراثى aa) + ٠ ٢٤ (من التركيب الوراثى Aa) = ٠,٤٠ وتنتج الأمهات – فى الوقت ذاته – بيضات تحمل الآليل (A) بنسبة p = ٠,٠٦، وبيضات تحمل الآليل

(د) بنسبة $q = ٠,٤$ أيضا. ويلاحظ أن نسب الجاميطات المتكونة هي نفس النسب التي كانت عليها الجاميطات في الجيل السابق؛ لذا .. فإن التزاوج الاعتباطي بينيا لا يغير من نسب التراكيب الوراثية المختلفة في العشيرة؛ أي إن العشيرة كانت قد وصلت بالفعل إلى حالة التوازن الوراثي بعد جيل واحد من التلقيح الخلطي العشوائي، وتظل على هذا الوضع ما دامت شروط تطبيق القانون قد تحققت.

تطبيق القانون عند وجود أكثر من آليلين للجين

يطبق القانون – أيضا - في حالة وجود ثلاثة آليلات للجين في العشيرة، وينص القانون – في هذه الحالة – على أنه إذا كانت نسبة الآليلات A_1، و A_2، و A_3 في عشيرة مندلية هي p، و q، و r على التوالي (حيث $p + q + r = 1$) فإن نسب التركيب الوراثية المختلفة تكون كما يلي

$p2 = A_1A_1$

$q2 = A_2A_2$

$r2 = A_3A_3$

$2pq = A_1A_2$

$2pr = A_1A_3$

$2qr = A_2A_3$

حيث $p^2 + q^2 + r^2 + 2pq + 2pr + 2qr = 1$

وتصل أية عشيرة إلى حالة التوازن الوراثي بعد جيل واحد من التزاوج العشوائي، وتظل على حالة التوازن هذه ما دامت شروط القانون قد تحققت.

وسواء وجدت ثلاثة آليلات أم أكثر من كل جين .. فإن اهتمام المربي يكون منصبا على آليل واحد منها وينظر إلى بقية الآليلات مجتمعة كآليل ثانٍ. وبذا .. يستمر تطبيق القانون بنفس طريقة تطبيقه عند وجود آليلين فقط للجين

استخدامات القانون في مجال تربية النبات

يستخدم قانون هاردى–فينبرج في تقدير مدى التقدم الذي يمكن إحرازه في تنقية

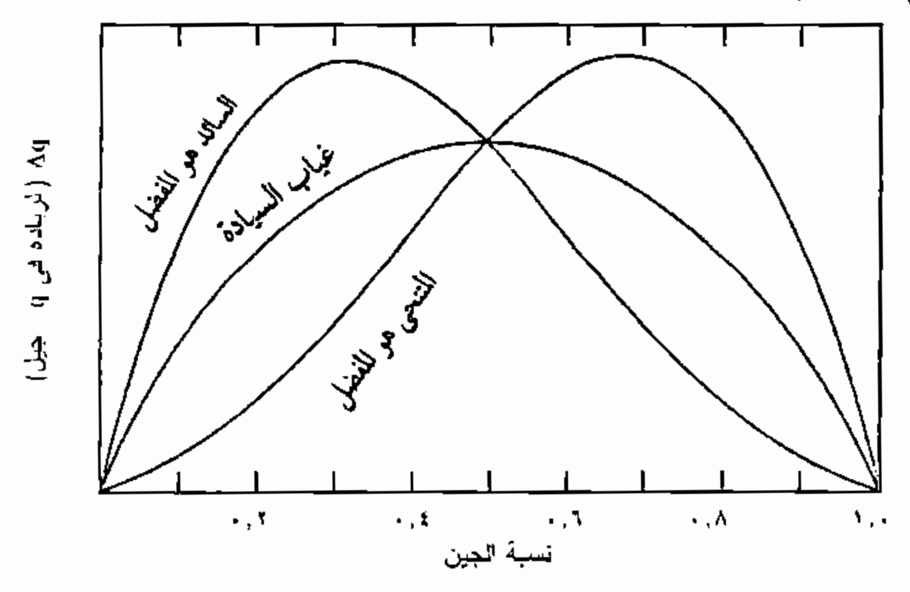
عشيرة ما خلطية التلقيح، من صفة متنحية غير مرغوب فيها، علما بأن الجينات التي تتحكم في مثل هذه الصفات .. تظل دائمًا مختفية في الحالة الخليطة. ويؤدى التخلص من النباتات المتنحية الأصلية – التي تظهر بها الصفة قبل الإزهار ـ إلى إحراز تقدم كبير في خفض نسبة الآليل المتنحي غير المرغوب فيه (أي خفض q) في الأجيال الأولى من الانتخاب، عندما تكون قيمة q أصلاً كبيرة، ثم يقل التقدم الذي يمكن إحرازه في كل جيل من الانتخاب، كلما انخفضت قيمة q كما يتبين من جدول (٦–٥). أما إذا أجرى الانتخاب (استبعاد النباتات غير المرغوب فيها) بعد الإزهار .. فإن الانخفاض في قيمة q يقل معدله بعد كل جيل من الانتخاب إلى نصف ما تكون عليه الحال عند إجراء الانتخاب قبل الإزهار؛ لأن حبوب اللقاح التي تخصب بويضات النباتات المنتخبة تكون من كل من النباتات المرغوب فيها وغير المرغوب فيها على حد سواء.

جدول (٦–٥): تأثير استبعاد جمع الأفراد الحاملة لصفة متنحية غير مرغوب فيها (q^2) على نسبة الآليل المتنحي (q) في عشيرة مدلية خلطية التلقيح (عن Burns ١٩٨٣).

عدد الأجيال الانتخابية ضد الصفة	نسبة الآليل المتنحي (q)
صفر (جيل عشيرة الأساس)	٠,٥٠٠
١	٠,٣٣٣
٢	٠,٢٥٠
٣	٠,٢٠٠
٤	٠,١٦٧
٥	٠,١٤٣
٦	٠,١٢٥
٧	٠,١١١
٨	٠,١٠٠
٩	٠,٠٩١
١٠	٠,٠٨٣
٥٠	٠,٠١٩
١٠٠	٠,٠١٠
١٠٠٠	٠,٠٠١

وبدرجة السيادة بالإضافة إلى النسبة الابتدائية للجين في العشيرة أهمية كبيرة في تحديد مدى التقدم الذي يمكن تحقيقه بالانتخاب.

يوضح شكل (٦-٤) تأثير نسبة الجين والسيادة على التغير في نسبة الجين (Δq). يلاحظ من الشكل أنه عندما يكون الأليل نادرا في العشيرة، فإن Δq الناتجة عن الانتخاب لصالح هذا الأليل تكون صغيرة. ومع زيادة قيمة q بسبب الانتخاب، فإن Δq تزداد هي الأخرى لتصل إلى حد أقصى عند q = حوالي ٠.٣ في حالة الأليل السائد A، وعند q = ٠.٥ عند غياب السيادة، وعند q = ٠.٧ في حالة الأليل المتنحي a، وبعد ذلك تنخفض قيمة Δq مرة أخرى، نظرا لازدياد نسبة الأليل المرغوب فيه في العشيرة. ويتضح من الشكل أن تأثير السيادة هو في تحديد قيمة q التي يحدث عندها أقصى معدل لـ Δq.



شكل (٦-٤): التغير في q (أي Δq) لكل جيل في ظل شدة انتخاب ثابتة، وتأثر ذلك بالسيادة

ويستفاد مما تقدم أن الانتخاب في عشيرة عشوائية التلقيح يكون شديد الفاعلية في إحداث زيادة أو نقص في نسب الأليلات، إلا أنه لا يكون قادرا على تثبيت الأليلات أو التخلص منها تماما. ولكن إذا ما صاحب الانتخاب تربية داخلية فإنه يكون شديد الفاعلية في تثبيت الأليلات أو التخلص منها تماما.

مثال افتراضى على تطبيق القانون فى مجال تربية النبات

كمثال على ما تقدم بيانه نفترض أن عشيرة فى حالة توازن كانت فيها نسبة النباتات المتنحية الأصيلة $aa = q^2$ = ٣٦٠ • يعنى ذلك أن نسبة الآليل المتنحى (a) =q $= \sqrt{٠٣٦}$ = ٠٦ ٠، وأن نسبة الآليل السائد (A) = p = ١ – q = ١–٠٦ ٠ = ٠,٤٠، وبهذا تكون نسبة التركيب الوراثى السائد الأصيل AA = p^2 = ٠٤ × ٠٤ = ١٦ ٠، ونسبة التركيب الوراثى السائد الخليط Aa = 2pq = ٢ × ٠٤ × ٠٦ = ٠٤٨

فإذا أمكن التخلص من جميع النباتات التى تحمل التركيب الوراثى المتنحى aa قبل الإزهار فإن النباتات المتبقية تكون آباء وأمهات الجيل التالى، وتنتج جاميطاتها على النحو التالى تتكون حبوب لقاح تحمل الآليل السائد (A) تكون نسبتها P – [١٦ ٠ (من التركيب الوراثى AA) + ٢٤ ٠ (من التراكيب الوراثى Aa) ÷ ٦٤ ٠ (مجموع نسب التركيب الوراثى التى تشارك فى إنتاج الجاميطات للجيل التالى)] – ٦٢٥ ٠، كما تتكون أيضا حبوب لقاح تحمل الآليل المتنحى (a) تكون نسبتها = q = ٢٤ ٠ (من التركيب الوراثى Aa) ÷ ٦٤ ٠ (مجموع نسب التركيب الوراثى التى تشارك فى إنتاج الجاميطات للجيل التالى) = ٣٧٥ ٠ وتتكون فى الوقت ذاته بويضات بالطريقة نفسها، تكون نسبتها p = ٦٢٥ ٠ وللبويضات الحاملة للآليل السائد (A)، و q = ٠,٣٧٥ للبويضات الحاملة للآليل المتنحى (a) ويلاحظ أن مجموع p + q = ٠,٦٢٥ + ٠,٣٧٥ = ١٠ ٠، وهو ما يؤكد دقة الحسابات. يؤدى التزاوج الاعتباطى بين هذه الجاميطات، إلى أن تصبح نسب التراكيب الوراثية المتكونة فى الجيل التالى كما يلى

الآباء	الأمهات	
	٠,٦٢٥ = p = A	٠,٣٧٥ = q = a
٠,٦٢٥ = p = A	٠,٣٩١ = p^2 = AA	٠,٢٣٤ = pq = Aa
٠,٣٧٥ = q = a	٠,٢٣٤ = pq = Aa	٠,١٤١ = q^2 = aa

أى إن AA = p^2 = ٠,٣٩١، و Aa = 2pq = ٠,٤٦٨، و aa = q^2 = ٠,١٤١ (يلاحظ أن مجموع التراكيب الوراثية = ١,٠، وهو ما يؤكد دقة الحسابات). يتضح مما

تقدم أن استبعاد جميع النباتات الحاملة للصفة المتنحية بحالة أصيله قبل الإزهار - أدى إلى تخفيض نسبة الآليل (a) في العشيرة من ٠٫٦ إلى ٠٫٣٧٥ [- ٠٫١٤١ + (٠٫٤٦٨ - ٢)]، ونسبه النباتات المتنحية الأصيلة من ٠٫٣٦ إلى ٠٫١٤١ بعد جيل واحد من الانتخاب

أما إذا لم يمكن التخلص من النباتات التي تحمل التركيب الوراثي المتنحي aa إلا بعد الإزهار فإن ذلك يعني أن هذه النباتات سوف تشارك بحبوب اللقاح في مجمع الجينات ولكنها لا تشارك بالبويضات، وبذا فإن نسب الجاميطات الحاملة للآليلين (A)، و (a) سوف تختلف بين حبوب اللقاح والبويضات على النحو التالي

تتكون حبوب لقاح تحمل الآليل (A)، تكون نسبتها p = ٠٫١٦ (من التركيب الوراثي Aa) + ٠٫٢٤ (من التركيب الوراثي Aa) = ٠٫٤، كما تتكون حبوب لقاح تحمل الآليل المتنحي (a) تكون نسبتها q = ٠٫٣٦ (من التركيب الوراثي aa) + ٠٫٢٤ (من التركيب الوراثي Aa) = ٠٫٦ يلاحظ أن مجموع p + q = ٠٫٤ + ٠٫٦ = ١٫٠

تتكون – أيضا – بيضات تحمل الآليل (A)، تكون نسبتها p = [٠٫١٦ (من التركيب الوراثي AA) + ٠٫٢٤ (من التركيب الوراثي Aa) ÷ ٠٫٦٤ (مجموع نسب التراكيب الوراثية التي تشارك في إنتاج الجاميطات المؤنثة)] = ٠٫٦٢٥، كما تتكون - أيضا - بيضات تحمل الآليل المتنحي (a) تكون نسبتها q = ٠٫٢٤ (من التركيب الوراثي Aa) : ٠٫٦٤ (مجموع نسب التراكيب الوراثية التي تشارك في إنتاج الجاميطات المؤنثة للجيل التالي) = ٠٫٣٧٥ يلاحظ أن مجموع p + q = ٠٫٦٢٥ + ٠٫٣٧٥ = ١٫٠، وهو ما يؤكد دقة الحسابات، يؤدي التزاوج الاعتباطي بين الجاميطات المذكرة والمؤنثه المتكونة، إلى أن تصبح نسب التراكيب الوراثية المتكونة في الجيل التالي على النحو التالي

	الأمهات	
الآباء	٠٫٦٢٥ = p = A	٠٫٣٧٥ = q = a
٠٫٤ = p = A	٠٫٢٥٠ = p^2 = AA	٠٫١٥٠ = pq = Aa
٠٫٦ = q = a	٠٫٣٧٥ = pq = Aa	٠٫٢٢٥ = q^2 = aa

أى إن $AA = p^2 =$ ٠.٢٥٠، و $Aa = (2pq) =$ ٠.٥٢٥، و $aa = q^2 =$ ٠.٢٢٥ (يلاحظ أن مجموع نسب التراكيب الوراثية = ١.٠، وهو ما يؤكد دقة الحسابات). يتبين مما تقدم أن استبعاد جميع النباتات الحاملة للصفة الأصيلة بعد الإزهار أدى إلى خفض نسبة الآليل (a) فى العشيرة من ٠.٦ إلى ٠,٤٨٧٥ [= ٠,٢٢٥ + (٠.٥٢٥ ÷ ٢)]، ونسبة النباتات المتنحية الأصيلة من ٠.٣٦ إلى ٠.٢٢٥ بعد جيل واحد من الانتخاب

ويتضح – لدى مقارنة الانتخاب قبل الإزهار بالانتخاب بعده أن مقدار الانخفاض فى نسبة الآليل غير المرغوب فيه كان ٠.٦–٠,٣٧٥ = ٠,٢٢٥ عندما أجرى الانتخاب قبل الإزهار، بينما كان ٠,٦–٠.٤٨٧٥ = ٠.١١٢٥ عندما أجرى الانتخاب بعد الإزهار. أى إن فاعلية الانتخاب قبل الإزهار كانت ضعف فاعلية الانتخاب بعد الإزهار.

نظم التزاوج

يمكن للمربى أن يتحكم فى التكوين الوراثى لعشيرة ما بإحدى طريقتين، هما: الانتخاب، ونظام التزاوج بين أفراد العشيرة وبينما لا يخلو أى برنامج للتربية من عملية الانتخاب، فإن نظام التزاوج الذى يقوم به المربى يمكنه من إحداث تغيرات كبيرة فى التركيب الوراثى للعشيرة؛ بما يسمح إما بمزيد من الانتخاب، وإما بالقدرة على تثبيت التراكيب الوراثية المرغوب فيها.

أولاً: التزاوج العشوائى

نجد فى التزاوج العشوائى random mating أن لكل جاميطة مؤنثة فرصة متساوية لأن تتلقح باى جاميطة مذكرة، كما يتساوى معدل تكاثر مختلف التراكيب الوراثية؛ أى لا يوجد أى انتخاب.

ومن أهم سمات التزاوج العشوائى، ما يلى:

١ – تبقى نسبة الجينات ثابتة

٢ -- تبقى تباينات مختلف الصفات ثابتة

٣ لا تتغير الارتباطات بين الأقارب

هذا إلا أن بعض الظروف – مثل اختلاف موعد التزهير بين أفراد العشيرة، ووضع النباتات فى الحقل، وحالات عدم التوافق، واتجاه الرياح السائدة – تجعل من العسير أن يكون التزاوج عشوائيًا تمامًا

ثانياً: التزاوج المنسق وراثياً

إن التزاوج المنسق وراثيًا genetic assortive mating هو تزاوج بين أفراد تربطها صلة قرابة أكثر مما فى حالة التزاوج العشوائى ويتبين من هذا التعريف لهذا النوع من التزاوج عدم أهمية التعرف الصحيح على التراكيب الوراثية المنتخبة للتزاوج، فيكفى أن تكون من الأقارب ويعرف هذا النوع من التزاوج باسم التربية الداخلية inbreeding

ومن أهم سمات هذا النوع من التزاوج ما يلى:

١ - زيادة حالة الأصالة الوراثية homozygosity، مع زيادة فى حالة الخلط الوراثى heterozygosity

٢ تتجه الآليلات – ومن ثم الصفات - نحو الثبات إلاّ ما يظهر بفعل العوامل البيئية ولا يتأثر تثبيت الصفات كثيرًا – بعدد العوامل الوراثية التى تتحكم فيها. وخاصة مع نظم التربية الداخلية الشديدة مثل التلقيح الذاتى

٣ مع التربية الداخلية الشديدة يزداد سريعًا – عدد العشائر غير المتزاوجة، الأمر الذى يتطلب إجراء الانتخاب للتحكم فى حجم العشائر

٤ – تزداد التباينات الوراثية فى العشيرة سريعًا، بينما تقل سريعا التباينات الوراثية بين أفراد كل عائلة أو سلالة إلى أن تنمحى تماما

٥ تزدد تدريجيًا قدرة كل فرد على إنتاج نسل متماثل ومتشابه مع الأب الذى أنتجه، وتعرف تلك الخاصية باسم prepotency

ثالثاً: التزاوج غير المنسق وراثياً

إن التزاوج غير المنسق وراثيًا genetic disassortive mating هو بين أفراد يقل

الارتباط الوراثى بينها فى حالة التزاوج العشوائى، أى يتم التزاوج بين أفراد لا توجد بينها صلة قرابة، وقد تنتمى إلى عشائر مختلفة ويؤدى هذا النوع من التزاوج إلى تقليل الأصالة الوراثية، مع زيادة الخلط الوراثى

رابعاً: التزاوج المنسق مظهرياً

إن التزاوج المنسق مظهريًا phenotypic assortive mating يكون بين أفراد أكثر تشابهًا مظهريًا عما يكون متوقعا فى حالة التزاوج العشوائى التام.

ويؤدى التزاوج المنسق مظهريًا إلى ما يلى:

١ – تقسيم العشيرة إلى فئتين مظهريتين متباينتين، ولا يحدث تثبيت للفئات الوسطية (مثلما يحدث فى حالة التربية الداخلية).

٢ – زيادة الأصالة الوراثية لأفراد العشيرة.

٣ – زيادة التباين الوراثى فى العشيرة

هذا وتقل سرعة حدوث تلك التأثيرات بزيادة عدد الجينات المتحكمة فى الصفة إلى أن تصبح شديدة البطء فى الصفات الكمية، وخاصة فى حالات السيادة والتفوق.

خامساً: التزاوج غير المنسق مظهرياً

إن التزاوج غير المنسق مظهريًا phenotypic disassortive mating يكون بين أفراد تختلف مظهريًا وتنتمى إلى نفس العشيرة.

ومن أهم نتائج ذلك النوع من التزاوج، ما يلى:

١ – المحافظة على حالة الخلط الوراثى heterozygosity، وقد يؤدى إلى زيادتها

٢ – التقليل قليلاً من تباين العشيرة نظرًا لإنتاج أشكال مظهرية وسطية

٣ – تقليل الارتباط بين الأقارب (عن Singh ١٩٩٣).



الفصل السابع

العقم الذكرى

يستفيد المربى من عدد من الظواهر النباتية الطبيعية فى تسهيل إنتاج الهجن، وإجراء التلقيحات ومن هذه الظواهر انفصال الجنس، والعقم الذكرى، وعدم التوافق وفى هذا الفصل نتناول بالتفصيل ظاهرة العقم الذكرى. بينما نتناول ظاهرة عدم التوافق فى الفصل الثامن.

مظاهر العقم الذكرى

تؤدى حالة العقم الذكرى male sterility إلى عدم قدرة النبات على أن يكون ملقّحا لأزهاره أو لأزهار أية نباتات أخرى.

ويأخذ العقم الذكرى أحد ثلاثة مظاهر، هى:

١ – عقم حبة اللقاح Pollen Sterility:

تخلو المتوك فى هذه الحالة من حبوب اللقاح، أو تنتج بها حبوب لقاح ضامرة، لا تصلح للتلقيح.

٢ – عقم الأسدية Staminal Sterility:

تتحور أسدية الطلع فى هذه الحالة إلى تراكيب أخرى، أو قد تختفى كلية، ففى الجزر – مثلاً – توجد سلالات عقيمة الذكر، تتحور فيها الأسدية إلى تراكيب بتلية مختلفة الأشكال، ويطلق على الظاهرة فى هذه الحالة اسم Petaloidy (Eisa & Wallace ١٩٦٩).

٣ – عدم تفتح المتوك Positional Sterility:

تفشل المتوك فى هذه الحالة فى التفتح، رغم أنها تكون ممتلئة بحبوب لقاح خصبة، قادرة على إحداث الإخصاب لو أنها استعملت فى التلقيح يدويًا.

ويعنى بالعقم الذكرى – عادة – عقم حبة اللقاح؛ لأنه أكثر مظاهر العقم شيوعا وأيًا كان مظهر العقم فإنه قد يتحكم فيه عوامل وراثية فى النواة، أو فى السيتوبلازم، أو فى كليهما

انتشار ظاهرة العقم الذكرى فى المملكة النباتية

تنتشر ظاهرة العقم الذكرى Male Sterility انتشارًا واسعًا فى المملكة النباتية، لدرجة أنها وجدت فى أى محصول بحث فيه عنها كما تتكرر الظاهرة بأكثر من جين فى المحصول الواحد، فيعرف – مثلاً – ٢٤ زوجًا من الجينات غير الآليلة، تتحكم فى طفرات مختلفة من العقم الذكرى فى الشعير، ونحو ٦٠ زوجا فى كل من الأرز والذرة، ونحو ٥٠ زوجًا فى الطماطم، و ٩ أزواج فى البسلة (Myers & Gritton ١٩٨٨، و Kempken & Pring ١٩٩٩)

كذلك أمكن – على سبيل المثال – استحداث تسع طفرات بسيطة متنحية غير آليليه للعقم الذكرى فى البسلة بمعاملة البذور بأى من ethyl methansulfonate، أو diethyl sulfate، أو أشعة جاما فى معاملات منفردة أو مشتركة (Nirmala & Kaul ١٩٩٥)

ويرجع السبب فى كثرة جينات العقم الذكرى فى مختلف الأنواع المحصولية إلى أن حدوث الطفرات فى أى جين تكون له علاقة بعملية تميز وتكوين الجاميطات الذكرية قد يؤدى إلى حالة العقم الذكرى

أنواع العقم الذكرى

تعرف ثلاثة أنواع رئيسية من العقم الذكرى التى تستخدم فى إنتاج الهجن، هى

١ – العقم الذكرى الوراثى

٢ – العقم الذكرى السيتوبلازمى

٣ – العقم الذكرى الوراثى السيتوبلازمى

العقم الذكرى الوراثى

ينتشر العقم الذكرى الوراثى genetic male sterility فى جميع النباتات الثنائية المجموعة الكروموسومية، سواء أكانت برية أم مزروعة

وراثة العقم الذكرى الوراثى

يتحكم فى ظاهرة العقم الذكرى الوراثى – عادة – عامل وراثى واحد مُتنحٍ. إلا أنه قد يتفاعل – أحيانًا – عاملان وراثيان، أو أكثر؛ لإعطاء صفة العقم، ويرمز إلى عامل العقم الذكرى بالرمز ms (وهما الحرفان الأولان لكلمتى male sterility)، ويكون التركيب الوراثى ms ms عقيما. بينما يكون التركيبان الآخران (Ms Ms، و Ms ms) ذوى خصوبة

وفى حالات قليلة تكون ظاهرة العقم الذكرى سائدة، كما فى القرطم

كما قد تكون تلك الصفة غير حساسة للعوامل البيئية ولا تتأثر بها، وقد يعتمد ظهورها على مجال حرارى معين (temperature-sensitive)، أو على فترة ضوئية معينة (photoperiod-sensitive)، كما فى بعض سلالات الأرز.

نقل صفة العقم الذكرى إلى سلالات أمهات الهجن

يمكن نقل صفة العقم الذكرى الوراثى بسهولة إلى أى صنف، أو سلالة، يراد استعمالها كأم فى الهجن؛ وذلك باتباع طريقة التهجين الرجعى وتستعمل السلالة التى يُراد نقل صفة العقم الذكرى إليها كأب؛ لتلقيح السلالة الحاملة لصفة العقم الذكرى. ثم يُلقح الجيل الأول – ذاتيًا – لعزل النباتات الأصيلة فى صفة العقم، وهذه تُلقح – بدورها رجعيًا – مرة أخرى بالصنف المراد نقل صفة العقم الذكرى إليه وباستمرار التلقيحات الرجعية المتبوعة بالتلقيح الذاتى . نحصل بعد ٦–٨ تلقيحات رجعية على سلالة جديدة، تتشابه مع السلالة الأصلية فى جميع الصفات، فيما عدا احتوائها على صفة العقم الذكرى.

إكثار السلالات العقيمة الذكر وراثيًا والمحافظة عليها

تتم المحافظة على السلالات العقيمة الذكر باتباع إحدى الطرق التالية:

١ – بالتلقيح الذاتى اليدوى للحالات التى تنتج فيها الأزهار حبوب لقاح خصبة، ولكن متوكها تكون غير قادرة على التفتح وتتطلب هذه الطريقة جهدًا خاصًا من المربى؛ لإدامة السلالات العقيمة الذكر

بالاستفادة من ظاهرة الخصوبة الجزئية، التي تظهر على النباتات العقيمة الذكر تحت ظروف معينة بإكثارها في هذه الظروف، بينما يمكن استعمالها في إنتاج الهجن في الظروف التي يكون فيها العقم تامًّا ومن أمثلة ذلك حالة عقم ذكرى ظهرت في القطن، كانت فيها النباتات المتنحية الأصيلة خصبة جزئيًا تحت ظروف البيوت المحمية (الصوبات) بينما كانت عقيمة تمامًا تحت ظروف الحقل، وظهرت حالة عقم أخرى في الجزر، كانت فيها النباتات خصبة – جزئيًا – في ولاية وسكنس. بينما كانت عقيمة تماما في ولاية كاليفورنيا (Duvick ١٩٦٦)

٣ بتلقيح السلالة العقيمة الذكر الأصيلة (ms ms) بسلالة أخرى ذات أصول وراثية مماثلة isogenic line، تكون خصبة الذكر وخليطة (Ms ms)، ويؤدى التلقيح بينهما إلى إنتاج نسل يتوفر فيه التركيبان الوراثيان ms ms، و Ms ms لنفس السلالة، بنسبة ١ ١، ويمكن بتلقيحهما – معًا – الاستمرار في المحافظة على السلالة العقيمة الذكر، كلما تطلب الأمر إكثارها

استخدام ظاهرة العقم الذكرى الوراثي في إنتاج الهجن

يؤدى استعمال السلالات العقيمة الذكر وراثيًا – كأم في التهجينات إلى إنتاج هجن تكون خليطة (Ms ms) وخصبة

تقل الاستفادة من ظاهرة العقم الذكرى الوراثي عند إنتاج الهجن التجارية من المحاصيل الذاتية التلقيح، نظرًا للحاجة إلى وسيلة صناعية لنقل حبوب اللقاح من السلالة المستعملة كأب إلى السلالة العقيمة الذكر المستعملة كأم، ولكنها أى الظاهره – تفيد – على الأقل في تجنب الحاجة إلى إجراء عملية خصى أزهار سلالات الأمهات كما اقترح استعمال العقم الذكرى كوسيلة لتسهيل عملية الانتخاب المتكرر في هذه الفئة من النباتات

وقد استخدمت ظاهرة العقم الذكرى الوراثي في الإنتاج التجاري لهجن الخروع

العقم الذكرى السيتوبلازمى

يحدث العقم الذكرى السيتوبلازمى Cytoplasmic Male Sterility عندما يوجد في

السيتوبلازم عامل خاص بالعقم، يرمز له بالرمز S (من العقم Sterility)، بينما يوجد العامل F (من الخصوبة Fertility) في سيتوبلازم النباتات غير العقيمة

ولقد أوضحت الدراسات الحديثة نسبيًا أن العقم الذكرى السيتوبلازمى يكون مردة – فى معظم المحاصيل – إلى خلل وراثى فى الميتوكوندريا.

مصادر العقم الذكرى السيتوبلازمى

إن من أهم مصادر السيتوبلازم العقيم الذكر، ما يلى:

١ – الطفرات الطبيعية، ويعتقد بأنها متوفرة فى جميع المحاصيل، ولكن يلزم البحث عنها بعناية، ومن أمثلتها حالات السيتوبلازم عقيم الذكر cms-C، و cms-S و cms-T فى الذرة.

٢ – الهجن النوعية، وهى التى كثيرا ما ينتج عنها انعزالات عقيمة الذكر سيتوبلازميًا، مثل حالات السيتوبلازم عقيم الذكر فى القمح التى حُصل عليها من *Triticum timopheevii*، و *Aegilops caudata*.

٣ – دمج البروتوبلاست:

يمكن عن طريق دمج البروتوبلاست نقل خاصية العقم الذكرى السيتوبلازمى من نوع لآخر، الأمر الذى تحقق بالفعل فى كل من الأجناس *Brassica*، و *Cichorium*، و *Lycopersicon* عندما نميت أعداد كبيرة من النباتات بعد عملية دمج البروتوبلاست هذا. ويتحكم جينوم الميتوكوندريا فى صفة العقم الذكرى السيتوبلازمى، وسمح الانعزالات الميتوكوندرية التي تحدث بعد إندماج البروتوبلاست باستبعاد الصفات غير المرغوب فيها التى تنتج عن عدم التوافق بين الجينات النووية والسيتوبلازم بعد التهجين النوعى (Pelletier وآخرون ١٩٩٥).

٤ - مزارع الخلايا.

حصل Wright وآخرون (١٩٩٦) على عديد من النباتات العقيمة الذكر سيتوبلازميًا من مزارع خلايا صنف الجزر Slendero، بما يجعلها طريقة عالية الكفاءة لإنتاج الهجن مع سهوله المحافظة على السلالات العقيمة الذكر لتوفر النباتات الخصبة الذكر من الصنف ذاته

• استحداث الطفرات

يمكن استحداث الطفرات بمعاملة البذور بالمركب ethidium bromide، وهو مركب مثبط قوى لجينات السيتوبلازمية، وقد استخدم فى إنتاج طفرات من هذا النوع فى كل من ـ *Petunia* والسعير وغيرهما (عن Singh ١٩٩٣)

نقل صفة العقم الذكرى السيتوبلازمى إلى سلالات أمهات الهجن

تنقل صفة العقم الذكرى السيتوبلازمى – بسهولة – إلى أى صنف أو سلالة يراد استعمالها كأم فى الهجن، وذلك باتباع طريقة التهجين الرجعى. وتستعمل السلالة التى يراد نقل صفة العقم الذكرى إليها كـأب لتلقيح السلالة الحاملة لصفة العقم الذكرى السيتوبلازمى. وتكون نباتات الجيل الأول الناتجة عقيمة الذكر، لأن السيتوبلازم ينتقل إليها من الأم العقيمة الذكر المحتوية على عامل العقم الذكرى. وتلقح نباتات الجيل الأول – رجعيًا – بالسلالة المراد نقل صفة العقم الذكرى إليها، وباستمرار هذه العملية نحصل بعد ٦–٨ تلقيحات رجعية على سلالة جديدة تتشابه مع السلالة الأصلية فى جميع الصفات فيما عدا احتوائها على صفة العقم الذكرى.

إكثار السلالات العقيمة الذكر سيتوبلازميًا والمحافظة عليها

تتم المحافظة على السلالات الحاملة لعامل العقم الذكرى السيتوبلازمى بسهولة وإكثارها، وذلك بتلقيحها بسلالة أخرى من نفس الصنف isogenic line تكون خصبة الذكر. وتكون النباتات الناتجة من هذا التلقيح عقيمة الذكر، لأنها تتلقى السيتوبلازم من الأم العقيمة، كما تكون مماثلة للسلالة التى يراد إكثارها، إذ لا يحدث بها أى تغير فى التركيب الوراثى لتشابه أبوى التلقيح وراثيًا. وتستمر المحافظة على السلالة بتكرار نفس التلقيح.

استخدام ظاهرة العقم الذكرى السيتوبلازمى فى إنتاج الهجن

يؤدى استعمال السلالات العقيمة سيتوبلازميًا كـأم فى الـهجينات إلى إنتاج هجن تكون عقيمة الذكر. لذا .. فإن استعمال هذا النوع من العقم الذكرى لا يصلح للمحاصيل التى تؤكل ثمارها أو بذورها؛ لأن نباتات الجيل الأول الهجين تكون عقيمة، ولا تنتج

محصولاً من الثمار)، ولكنه يناسب كلاً من نباتات الزينة والمحاصيل الاقتصادية التى تزرع من أجل أجزائها الخضرية كالبصل والبنجر وتعد حالة العقم – فى نباتات الجيل الأول الهجين – أمرًا مرغوبًا فيه فى نباتات الزهور، حيث تحتفظ الأزهار العقيمة بنضارتها لفترة أطول من الأزهار الخصبة، التى تذبل – سريعًا – بعد التلقيح والإخصاب

وكما سبق بيانه بالنسبة لحالة العقم الذكرى الوراثى .. فإن صفة العقم الذكرى السيتوبلازمى تقل الاستفادة بها فى إنتاج الهجن التجارية من المحاصيل الذاتية التلقيح كالفلفل، والطماطم، نظرا للحاجة إلى وسيلة صناعية لنقل حبوب اللقاح من السلالة المستعملة كأب إلى السلالة العقيمة الذكر المستعملة كأم.

العقم الذكرى الوراثى السيتوبلازمى

يتشابه العقم الذكرى الوراثى السيتوبلازمى Genetic-Cytoplasmic Male Sterility مع العقم الذكرى السيتوبلازمى فى كونه يرجع إلى وجود عامل خاص بالعقم فى السيتوبلازم، يرمز إليه بالرمز S، وعامل الخصوبة F (أو N) فى سيتوبلازم النباتات غير العقيمة ؛ ولكنهما يختلفان فى وجود عامل وراثى آخر سائد فى النواة فى حالة العقم الذكرى الوراثى السيتوبلازمى. ويطلق على هذا العامل اسم "جين استعادة الخصوبة" Restorer Gene (R، أو Rf)، لأن وجوده يؤدى إلى استعادة النباتات التى تحمل عامل العقم S فى سيتوبلازم خلاياها .. استعادتها لحالة الخصوبة.

انتشار ظاهرة العقم الذكرى الوراثى السيتوبلازمى

بينما تتوفر صفة العقم الذكرى الوراثى فى معظم المحاصيل الزراعية، فإن صفة العقم الذكرى الوراثى السيتوبلازمى تعد أقل انتشارا، وهى توجد – على سبيل المثال – فى كل من. البصل، والبنجر. والجزر، والفجل، والبطاطس، والذرة.

ولقد تبين – فى معظم الحالات – أن ما كان يعرف بالعقم الذكرى السيتوبلازمى هو فى حقيقة الأمر عقم ذكرى وراثى سيتوبلازمى، مثلما ظهر فى جميع الأنواع النباتية التى اكتشفت فيها الجينات النووية المسئولة عن إعادة الخصوبة إلى النبات. ولذا .

فإن مسمى العقم الذكرى السيتوبلازمى يعطى – غالبًا - وصفًا مؤقتا لحالة النباتات التى توجد بها تلك الصفه، وذلك لحين اكتشاف جينات إعادة الخصوبة فيها ومن المعتقد أن جين استعادة الخصوبة يمكن العثور عليه فى كل حالات العقم الذكرى السيتوبلازمى إذا ما تم البحث عنه بحثًا دقيقا (عن Liedl & Anderson ١٩٩٣)

وراثة صفة العقم الذكرى الوراثى السيتوبلازمى

لا يكون جين استعادة الخصوبة restorer gene مؤثرا عند وجودة فى الحالة المتنحية الاصيلة، وعليه فإن التراكيب الوراثية المكنة فى حالة العقم الذكرى الوراثى السيتوبلازمى تكون كما يلى

السيتوبلازم	النواه	حالة النبات
S	RR	خصب
S	Rr	خصب
S	rr	عقيم
F	RR	خصب
F	Rr	خصب
F	rr	خصب

أى إنه لا يوجد سوى تركيب وراثى واحد عقيم، هو Srr

وتورث صفه العقم الذكرى الوراثى السيتوبلازمى كأية صفة مندلية بسيطة، مع ملاحظة أن السيتوبلازم يورث عن طريق الأم، وعليه فإن نسل التلقيحات المختلفة يكون كما يلى

التلقيح	الأم (عقيمة الذكر)	الأب (خصب الذكر)	النسل: التركيب الوراثى	النسل: الشكل الظاهرى
١	Srr	Frr	Srr	عقيم
٢	Srr	SRR	SRr	خصب
٣	Srr	FRR	SRr	خصب
٤	Srr	SRr	Srr 1 : SRr 1	١ خصب ١ عقيم
٥	Srr	FRr	Srr 1 : SRr 1	١ خصب ١ عقيم

نقل صفة العقم الذكرى الوراثى السيتوبلازمى إلى سلالات أمهات الهجن

يمكن نقل صفة العقم الذكرى الوراثي السيتوبلازمى بسهولة إلى أى صنف أو سلالة يراد استعمالها كأم فى الهجن، وذلك باتباع طريقة التهجين الرجعى - كما سبق بيانه - بالنسبة لنقل صفه العقم الذكرى السيتوبلازمى وتستعمل السلالة التى يراد نقل صفة العقم الذكرى إليها (التى يكون تركيبها الوراثى Frr) كأب لتلقيح السلاله الحاملة لصفة العقم الذكرى (التى يكون تركيبها الوراثى Srr). وتكون نباتات الجيل الأول عقيمة الذكر، لأن السيتوبلازم ينتقل إليها من الأم العقيمة الذكر. وتلقح نباتات الجيل الأول - رجعيًا بالسلالة المراد نقل صفة العقم الذكرى إليها، وباستمرار ذلك نحصل بعد ٦ ٨ تلقيحات رجعية على سلالة جديدة، تتشابه مع السلالة الأصليه فى جميع الصفات، فيما عدا احتوائها على صفة العقم الذكرى

إكثار السلالات ذات العقم الذكرى الوراثى السيتوبلازمى والمحافظة عليها

يمكن إكثار السلالات الحاملة لصفة العقم الذكرى الوراثى السيتوبلازمى (Srr)، والمحافظة عليها، وذلك بتلقيحها بسلالة أخرى من نفس الصنف isogenic line تكون خصبة الذكر، وذات تركيب وراثى Frr وتن النباتات الناتجة من هذا التلقيح عقيمة الذكر، لأنها تتلقى السيتوبلازم من الأم العقيمة، كما تكون مماثلة للسلاله التى يراد إكثارها، إذ لم يحدث بها أى تغير فى التركيب الوراثى، لتشابه أبوى التلقيح وراثيًا وتستمر المحافظة على السلالة بتكرار نفس التلقيح ولحسن الحظ .. فإن التركيب الوراثى Frr شائع الوجود، فهو قد وجد - مثلاً – في جميع الأصناف التجارية من البصل تقريب

استخدام ظاهرة العقم الذكرى الوراثى السيتوبلازمى فى إنتاج الهجن

كان أول تطبيق لاستعمال العقم الذكرى الوراثى السيتوبلازمى فى إنتاج الهجن فى محصول البصل بواسطة Jones & Davis فى عام ١٩٤٤ ويلزم لإنتاج البذرة الهجين أن تكون السلالة المستعملة كأم ذات تركيب وراثى Srr، أما سلالة الأب .. فيمكن أن تكون ذات تركيب وراثى FRR، أو FRr، أو Frr، أو SRR، أو SRr، وجميعها تراكيب وراثية خصبة ويتوقف التركيب المناسب على كون الهجين المنتج يزرع لأجل ثماره وبذوره، أم لأجل أجزائه الخضرية

مقارنة الحالات المختلفة للعقم الذكرى

يعطى شكل (١-١) مقارنة بين مختلف أنواع العقم الذكرى فيما يتعلق بوراثة الصفة. كما يتبين من الشكل – كذلك – حالة الخصوبة فى الهجن التى تنتج من مختلف التلقيحات، والتى تكون فيها سلالات الأمهات عقيمة ذكريًا (Agrawal، ١٩٩٨).

وللاطلاع على التفاصيل المتعلقة بالوراثة الجزيئية لحالات العقم الذكرى المعروفة فى بعض الأنواع المحصولية (الذرة، والدخن، والصليبيات، والجنس *Phaseolus*، والبيتونيا، ودوار الشمس، والقمح، والأرز) يراجع Kempken & Pring (١٩٩٩).

عيوب الاعتماد على العقم الذكرى الوراثى السيتوبلازمى فى إنتاج بذور الهجن

يُعيب الاعتماد على ظاهرة العقم الذكرى الوراثى السيتوبلازمى فى إنتاج بذور الهجن، ما يلى:

١ - التأثيرات غير المرغوب فيها للسيتوبلازم.

٢ - نجد فى كثير من حالات العقم الذكرى السيتوبلازمى تأثيرات ضارة للسيتوبلازم العقيم، فمثلاً نجد فى الذرة أن سيتوبلازم تكساس العقيم T-cms أكثر طرز السيتوبلازم العقيم شيوعًا واستخدامًا على النطاق التجارى، ولكنه يحد قليلاً لكل من النمو النباتى (قليلاً) والمحصول (بنسبة ٢-٤٪)، وارتفاع النبات وعدد الأوراق. كما أنه يبكر من ظهور الحريرة بسبب تأخر من انتشار حبوب اللقاح، ويجعل النبات شديد القابلية للإصابة بلفحة أوراق هلمنثوسبوريم *Helminthosporium* leaf blight. وترجع تلك القابلية للإصابة بالمرض إلى شدة حساسية ميتوكوندريا النباتات ذات الـ T cms لسم يفرزه الفطر (عن Singh ١٩٩٣).

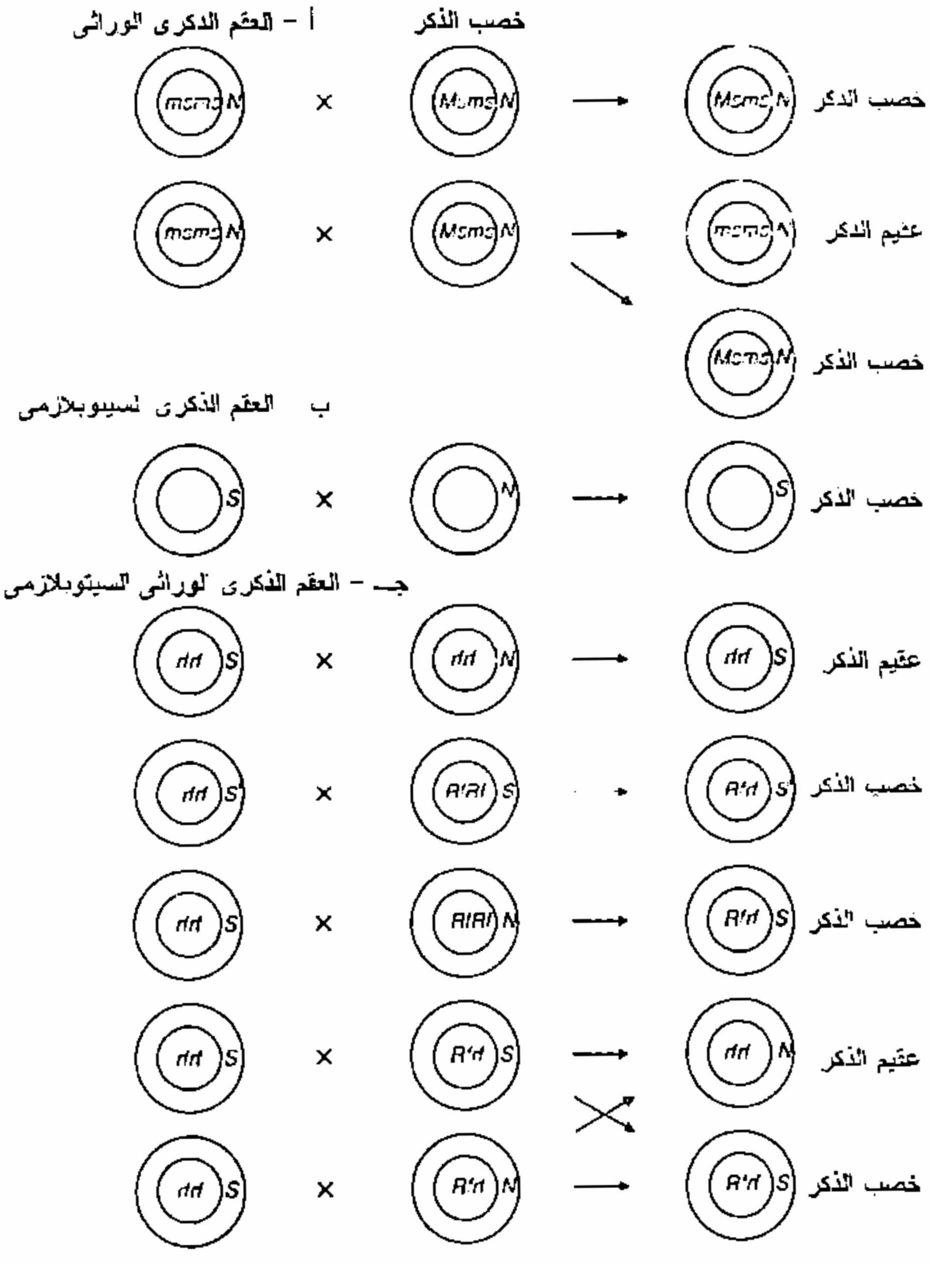
ولقد درس مصدر تكساس للعقم الذكرى السيتوبلازمى Texas cytoplasmic male sterility دراسة مستفيضة منذ اكتشافه فى أربعينيات القرن العشرين ونظرًا لشدته، فقد ساد استخدامه فى إنتاج هجن الذرة حتى نهاية الستينيات، ولكن تبين فى عام ١٩٦٩ شدة قابلية الـ T-cytoplasm الشديدة للإصابة بفطرين، هما: *Mycosphaerella zea-maydis* (مسبب مرض لفحة الأوراق الصفراء yellow leaf blight)، والسلالة T من *Cochliobolus heterostrophus* (مسبب مرض لفحة الذرة

الجنوبية (southern corn leaf blight)، اللذان يحدثان أعراضهما المرضية بإفرازهما لسموم معينة تعرف باسم β-polyketol toxins. وفى عام ١٩٧٠ أدت إصابة محصول الذرة فى مختلف أنحاء العالم وبخاصة فى الولايات المتحدة - بالفطر *C heterostrophus* بصورة وبائية إلى إنهاء الاعتماد على سيتوبلازم تكساس العقيم الذكر فى إنتاج الذرة ولقد أظهر ذلك الوباء قدر الأخطار التى يمكن أن يتعرض لها الإنتاج الزراعى من جراء التجانس الوراثى الشديد فى النظم الزراعية الحديثة

ولقد تبين بعد ذلك أن صفة العقم الذكرى يتحكم فيها الجين ذاته المسئول عن الحساسية لسموم الفطرين، وتبين وجود هذا الجين فى الميتوكوندريا، وأمكن التعرف على هذا الجين وفصله بالاستفادة من خاصية الحساسية للسموم الفطرية بدلاً من الاعتمد على خاصية العقم الذكرى واتضح أن هذا الجين - الذى أعطى فى البداية الرمز T-urf 13 - يتحكم فى إنتاج بروتين (oligomeric protein، هو URF 13) يتواجد فى غشاء الميتوكوندريا الداخلى ويؤدى التحام السموم الفطرية بهذا البروتين إلى تلف غشاء الميتوكوندريا، وبالتالى عدم قيامها بوظائفها ولمزيد من التفاصيل عن هذا الموضوع يراجع Wise وآخرين (١٩٩٩)

كذلك فإن من أهم مشاكل سيتوبلازم الفجل العقيم الذكر (وهو الذى يعرف باسم Ogura cytoplasm) عد نقله إلى النوع *Brassica* إحداثه لصفات غير مرغوب فيها، ربما قد تكون من تأثيراته المتعددة، أو ربما كانت مرتبطة به بشدة وتحدث تلك التأثيرات الضارة نتيجة لعدم التوافق بين نواة الجنس *Brassica* وسيتوبلازم الفجل ومن أهم تلك التأثيرات فى الكرنب اصفرار الأوراق فى الحرارة المنخفضة، وضعف عقد البذور، وصغر الرؤوس فى الحجم وضعف اندماجها وفى القنبيط تكون الأقراص أقل جودة، وفى الكرنب الصينى تكون الأقراص أقل اندماجاً وأصغر حجماً وأكثر تأخيرا عما فى السلالات التى لا تحتوى على الـ ogura cytoplasm (عن Melo & Giordano ١٩٩٤)

هذا . ونادرا ما يوجد سيتوبلازم عقيم ليست له تأثيرات جانبية ضارة، لدرجة أنه لم يمكن استخدام تلك الصفة فى عدد من المحاصيل ومنها التبغ، علماً بأن جينات استعادة الخصوبة لا تكون قادرة على التخلص من التأثيرات الضارة للسيتوبلازم



شكل (٧-١): وراثة الحالات المختلفة للعقم الذكرى، وحالة الخصوبة فى الجيل التى تنتج من مختلف التلقيحات التى تكون فيها سلالات الأمهات عقيمة ذكريًا (ms جين العقم الذكرى، و Rf جين استعادة الخصوبة، و N السيتوبلازم الطبيعى، و S السيتوبلازم العقيم ذكريًا)

٢ – عدم كفاءة جينات استعادة الخصوبة أحيانًا، الأمر الذى لا يسمح باستعمال تلك المصادر فى إنتاج الهجن

٣ – تشارك حبة اللقاح أحيانا كمصدر للسيتوبلازم، الأمر الذى يؤدى – على المدى البعيد – إلى فقد خاصية العقم الذكرى.

٤ – عدم كفاية التلقيح

لا يكون التلقيح الخلطى الطبيعى مرضيًا فى بعض الأحيان، باستثناء الحالات لتى يكون فيها عن طريق الهواء، كما فى الذرة، الأمر الذى يقلل إنتاج البذرة الهجين، مما يزيد من تكلفة إنتاجها. وقد أدت تلك الظاهرة فى بعض الحالات – مثل جنس الفلفل *Capsicum* – إلى عدم استعمال خاصية العقم الذكرى فى إنتاج بذور الهجن ويعد ضعف التلقيح من أكبر مشاكل إنتاج بذور الهجن فى المحاصيل الذاتية التلقيح ويتم التغلب على تلك المشكلة فى الأرز بهز النورات بانتظام كل صباح باستعمال حبل يمرر فوقها

٥ – وجود الجينات المحورة التى يمكن أن تقلل من كفاءة صفة العقم الذكرى السيتوبلازمى

٦ – التأثيرات البيئية التى يمكن أن تؤثر – كذلك – سلبيًا – أحيانًا – على كفاءة صفة العقم الذكرى.

٧ – عدم توفر سلالات مناسبة لاستعادة الخصوبة فى بعض الأحيان، أو صعوبة إنتاجها بسبب ارتباط الـ R genes بجينات أخرى ضارة (عن Singh ١٩٩٣)

الجينات المُعلِّمة

الجينات المُعلِّمة Marker genes هى جينات تتحكم فى صفات بسيطة فى وراثتها، ويمكن تمييزها بسهولة، ويفضل إمكان التعرف عليها فى طور البادرة، ويستفاد منها فى أحد الأمرين التاليين، وكلاهما يتعلق بظاهرة العقم الذكرى فى إنتاج الهجن

١ – إذا كان الجين المُعلِّم شديد الارتباط بالجين الخاص بالعقم الذكرى، أو إذا كان جين العقم الذكرى ذاته ذا تأثير واضح فى صفة أخرى يمكن تمييزها بسهولة (أى

حينما يمكن اعتبار جين العقم الذكرى جينًا معلمًا – أيضًا – ذا تأثير متعدد pleotropic gene) فإنه يمكن تمييز النباتات العقيمة الذكر بسهولة عن النباتات الخصبة الذكر، ويمكن – بالتالى - إزالة النباتات الخصبة الذكر من خطوط الأمهات عند إنتج الهجن

ومن بين حالات التأثير المتعدد لجينات العقم الذكرى أو ارتباطها الشديد بجينات أخرى، ما يلى (عن Bar & Frankel ١٩٩٣):

النوع النباتى	الصفة الملازمة للعقم الذكرى
Arachis hypogaea	قصر السيقان، وضعف خصوبة الأعضاء الأنثوية
Chionachne koenigii	قصر النباتات، والإزهار المبكر
Citrullus vulgaris	انغلاق الأزهار المذكرة cleistogamy، وخلو النباتات من الشعيرات (أى تكون النباتات ملساء).
Corochorus capsularis	تكون الأوراق شريطية، والأزهار صغيرة، وتتأخر المياسم فى الاستعداد لاستقبال حبوب اللقاح

ويوجد فى الخس ثلاثة جينات متنحية (ms_1، و sm_2، و sm_3)، يؤدى وجودها مجتمعة بحالة أصيلة – إلى جعل النبات عقيم الذكر، وذا أوراق ضيقة، قمتها حادة، ويمكن تمييزها وفى هذه الحالة تكون النباتات الخصبة الذكر ذات أوراق طبيعية، بحيث يمكن تمييزها بسهولة. وإزالتها من خطوط الأمهات

وفيما يتعلق بهذا الأمر فإن التأثيرات المتعددة لجينات العقم الذكرى أو ارتباطها بشده بجينات أخرى قد لا يكون دائما مفيدا وكمثال على ذلك درس Bar & Frankel (١٩٩٣) الاختلافات بين هجن الطماطم الناتجة من التلقيح بين سلالات ذات أصول وراثية متشابهة، تختلف فيما بينها فى احتواء كل منها على جين واحد مختلف من سبع جينات للعقم الذكرى. حيث وجدا اختلافات بين مجموعات: الهجن التى استخدمت فيها جينات العقم الذكرى sm-14، و ms-17، و ms-18 فى المحصول المبكر الصالح للتسويق، والهجن التى استخدمت فيها الجينات ms-17، و ms-31، و ms-47 فى متوسط وزن الثمرة؛ والهجن التى استخدمت فيها الجينات ms-14، و ms-17، و ms-33 فى المحصول الكلى الصالح للتسويق؛ كما أثرت جينات العقم الذكرى على

القدرة العامة على التآلف لسلالات الأمهات. وقد أرجع الباحثان تلك الاختلافات إما إلى تأثيرات متعددة لجينات العقم الذكرى، وإما إلى ارتباطها بشدة بجينات أخرى تتحكم فى الصفات المذكورة .

٢ – إذا تحكم الجين المعلم فى صفة بسيطة، وكان يوجد بحالة متنحية أصيلة فى سلالات الأمهات العقيمة الذكر، وبحالة سائدة أصيلة فى سلالات الآباء الخصبة الذكر فإن الهجن الناتجة تكون حاملة للجين السائد (المُعلِّم) بحالة خليطة، وبذا يمكن نمييز الهجن عن النباتات التى تنتج من التلقيح الذاتى لسلالات الأمهات.

العقم الذكرى المُحدَث صناعيًّا

وُجِدَ أن بعض المركبات الكيميائية تحدث عقمًا ذكريًّا فى النباتات التى تعامل بها، وقد أطلق علها اسم "مبيدات الجاميطات" gametocides

تعرف حالة العقم الذكرى التى تنتج عن المعاملة بالمركبات الكيميائية باسم chemically-induced male sterility، وتعرف تلك المركبات باسم chemical hybridizing agents، وتعرف عملية الخصى الكيميائى تلك باسم chemical emasculation.

استعمالات مبيدات الجاميطات

تتميز مبيدات الجاميطات التى تُحدِثُ عقما ذكريًا – بإمكان استخدامها فى إحداث العقم الذكرى فى سلالة يرغب فى استخدامها كأم فى الهجن، وتفيد فى تجنب ضرورة الاعتماد على تركيب وراثى معين كمصدر للعقم الذكرى السيتوبلازمى، وما يصاحب ذلك من أخطار الاعتماد على مصدر واحد للسيتوبلازم، وهو الذى أدى فى محصول مثل الذرة إلى سرعة انتشار مرض لفحة الأوراق بحالة وبائية فى الولايات المتحدة الأمريكية

أنواع مبيدات الجاميطات

من بين المركبات التى استخدمت فى تعقيم النباتات ذكريًا ما يلى (عن Nickell ١٩٨٢، و Singh ١٩٩٣):

المركب	المحاصيل التى استخدم فيها
لاينيفون	لقمح، والشعير، والتريتيكيل، وبنجر السكر، والقرعيات، والدخن، والارز
مندوكس Mendox (FW450)	البرسيم الحجازى، والقطن، والتوفان، وفول الصويا، وبنجر السكر، والطماطم، والقمح، والفول السودانى
ماليك هيدرازيد	الذرة، والعنب، والنخيل، والطماطم، والقمح، والقرعيات، والبصل
حامض الجبريلليك	كرنب بروكسل، والكرنب، والقنبيط، والذرة، والكتان، والخس، ودوار الشمس، والقمح، والبصل، والأرز
TIBA	العنب، والطماطم، والقمح
مورفاكتينات	القرعيات
ستاس حامض الخليك	القرعيات
Sodium methyl arsenate	الأرز
Zinc methyl arsenate	الأرز

وعلى سبيل المثال .. أمكن احداث العقم الذكرى فى القمح برش النباتات بالإثيفون Ethephon بتركيز ١٠٠٠ - ٢٠٠٠ جزء فى المليون، وفى البصل .. بالرش مرتين بمحلول الجبريللين بتركيز ٢ ٪ فى بداية مرحلة نمو الشمراخ الزهرية. وقد كان التأثير فى حالة الأخيرة مؤقتا، وظهر فى بداية مرحلة الإزهار فقط (Van der Meer & Van der Bennekom ١٩٧٣).

ولمركب المندوكس Mendox (أو FW450) القدرة على منع أزهار القرعيات من التفتح برغم اكتمال تكوينها. وهو لا يعد من مبيدات الجاميطات، لأن حبوب اللقاح والبويضات تكون بصورة طبيعية. وقد اقترحت المعاملة به كبديل لعملية غلق الأزهار أو تكييسها قبل اجراء التلقيحات، وهى العملية الضرورية لمنع وصول حبوب اللقاح غير المرغوبة إليها عن طريق الحشرات.

الشروط التى يجب توفرها فى مبيدات الجاميطات

ينبغى أن تتوفر فى مبيدات الجاميطات المثالية الشروط التالية:

١ - أن تحدث عقمًا ذكريًا، ولا تحدث عقمًا أنثويًا
٢ – أن تثبط تكوين حبوب اللقاح بصورة تامة.
٣ – ألا يتأثر فعلها بالعوامل البيئية
٤ - ألا يتأثر فعلها باختلاف التركيب الوراثى للنبات
٥ - أن تكون فعالة فى المراحل المختلفة للنمو النباتى
٦ – ألا يكون لها تأثيرات ضارة فى النبات، أو البيئة.
٧ - أن يكون استعمالها اقتصاديًا.

هذا . ولا يتوفر – إلى الآن – مبيد جاميطات واحد، تتوفر فيه كل الشروط السابقة، أو معظمها. ويعتبر الماليك هيدرازيد، وحامض الجبريلليك، والإثيفون، والمندوكس أكثرها استعمالا فى الوقت الحاضر.

ولمزيد من التفاصيل عن مبيدات الجاميطات يراجع Duvick (١٩٦٦)، و Craig (١٩٦٨)، و Pearson (١٩٨١)، و Nickell (١٩٨٢).

العقم الذكرى الحساس للعوامل البيئية وأهميته فى إنتاج الهجن التجارية

تتبع فى المملكة النباتية حالات العقم الذكرى الوراثى التى يتأثر ظهورها من عدمه وكذلك شدة ظهورها – ببعض العوامل البيئية، وهى الحالات التى تعرف باسم environment-sensitive genic male sterility ويعنى ذلك إمكان استعمال النباتات التى توجد بها تلك الصفات كأمهات فى الهجن فى بعض الظروف البيئية (حيث تكون عقيمة الذكر)، بينما يمكن إكثارها بالتلقيح الذاتى فى الظروف البيئية التى تكون فيها النباتات خصبة الذكر وبذا . لا تحتاج إلى سلالة إكثار maintainer line (أو B line) عند الاستعانة بتلك الظاهرة فى إنتاج الهجن ولهذا السبب يعرف استخدام تلك السلالات فى إنتاج الهجن باسم نظام السلالتين two-line system، وذلك فى مقابل نظام الثلاث سلالات three-line system العادى الذى تستخدم فيه السلالة العقيمة الذكر سيتوبلازمًا (A)، وسلالة إكثار السلالة العقيمة الذكر (B)، وسلالة استعادة الخصوبة restorer line (أو R).

إن الاعتماد على صفة العقم الذكرى الحساس للعوامل البيئية هو النظام الوحيد

الممكن لإنتاج الهجن في المحاصيل التي ينعدم فيها وجود جينات استعادة الخصوبة، وتلك التي ينخفض فيها كثيرا معدل ظهور تلك الجينات في السلالات المتميزة. وهي المحاصيل التي لا يمكن فيها الاعتماد على خاصية العقم الذكرى السيتوبلازمى في إنتاج بذور الهجين بكفاءة، كما في القمح، والأرز الـ japonica والبسمتى.

ولقد جرت محاولات لإنتاج هجن تجاريه بالاعتماد على صفة العقم الذكرى التي تتأثر بالعوامل البيئية في كل من الدخن، والصليبيات، والقمح. وذلك في كل من الصين والفلبين وغيرهما من الدول الآسيوية، ولكن تلك المحاولات مازالت في بدايتها ... النجاح الكبيرة في هذا المجال فإنها كانت على محصول الأرز وأكملت فصولها في الصين.

تقسيم حالات العقم الذكرى التى تتأثر بالعوامل البيئية

تقسم حالات العقم الذكرى التي تتأثر بالعوامل البيئية إلى أربع فئات، كما يلي:

١ - حالات حساسة لدرجة الحرارة thermosensitive

٢ - حالات حساسة للفترة الضوئية photosensitive

٣ - حالات حساسة لكل من درجة الحرارة والفترة الضوئية photothermo sensitive

٤ - حالات تتأثر ببعض بعض العناصر الدقيقة (عن Virmani & Ilyas-Ahmed ٢٠٠١)

أمثلة لبعض حالات العقم الذكرى التى تتأثر بالعوامل البيئية

إن من أهم حالات العقم الذكرى الوراثي التي تتأثر بالظروف البيئية، ما يلي:

١ - الفلفل

ظهرت في الفلفل بعض التراكيب الوراثية التي كانت عقيمة ذكريًا تحت ظروف الحقل (صيفًا)، بينما كانت خصبة الذكر تحت ظروف الزراعات المحمية (شتاء)، في الوقت الذي أظهرت فيه تراكيب وراثية أخرى اتجاها عكسيًا.

٢ - الكرنب

وجدت طفرة من الكرنب كانت عقيمة ذكريًا صيفًا، وخصبة الذكر شتاء

٣ -- الذرة

وجدت بعض التراكيب الورانيه التى كانت عقيمة ذكريًا تماما فى ظروف الحرارة العالية والجفاف، بينما كانت خصبة جزئيًا فى الجو الرطب المعتدل البرودة

٤ – الطماطم

ظهرت طفرة فى صنف الطماطم سان مارزانو كانت عقيمة ذكريًا صيفا، ولكنها أنتجت حبوب لقاح طبيعية وخصبة فى الفصول الأخرى، وتبين أنه يلزمها حرارة لا تقل عن ٣٠ْم تحت ظروف الحقل، و ٣٢ْم تحت ظروف الصوبة؛ لكى تظهر بها خاصية العقم الذكرى، التى وجد أنه يتحكم فيها جين واحد متنح، أعطى الرمز vms.

كذلك وجدت استجابتين مختلفتين للظروف البيئية فى طفرتين أخريين من الطماطم، كانت إحداهما عقيمة الذكر تحت ظروف الحقل، وخصبه الذكر فى الزراعة المحمية. بينما أظهرت الثانية اتجاهًا معاكسًا، وبدا أن الحرارة كانت هى العامل الرئيسى المؤثر فى الخصوبة أو العقم

وفى طفرة الطماطم stamnless-2 تنتج النباتات أسدية غير طبيعية وحبوب لقاح عديمة الحيوية فى حرارة ٢٣ْم نهارًا مع ١٨ْم ليلاً، بينما تكون النباتات طبيعية تمامًا فى حرارة ١٨ْم نهارًا مع ١٥ْم ليلاً، أما فى حرارة ٢٨ْم نهارا مع ٢٣ْم ليلاً فإن النباتات الحاملة للطفرة تنتج تراكيب شبيهة بالمتاع مكان الأسدية، ولا تكون أى حبوب لقاح ومن ناحية أخرى .. فإن تلك المعاملات الحرارية ليس لها أى تأنير على النباتات غير الحاملة للطفرة

٥ – القمح

ظهرت فى القمح طفرات حساسة للفترة الضوئية وأخرى حساسة لدرجة الحرارة فمثلاً . وجد أن تعريض نباتات القمح لإضاءة مدتها ١٠ ساعات وقت إنتاج مبادئ الأسدية فى الزهرة الأولى من السنبلة الأولى أدى إلى تحول الأسدية إلى مبايض، حيث تكونت البويضات فى فصوص المتوك. كذلك عثر على عدة طفرات أخرى من القمح كانت حساسة – فى عقمها أو خصوبتها – لدرجة الحرارة.

كذلك أظهرت السلالة Norin 26 (وهى: *Triticum aestivum* مع ستيوبلازم

(*Aegilops crassica*) عقمًا ذكريًا فى النهار الطويل الذى يزيد عن ١٥ ساعة، وخصوبة فى النهار الذى لا يزيد طوله عن ١٤,٥ ساعة، ولكن هذه السلالة لم يتأثر فيها صفة لعقم الذكرى بدرجة الحرارة

٦ - الشعير

ظهرت ثلاث طفرات من الشعير كانت حساسة لدرجة الحرارة، حيث كانت عقيمة الذكر تمامًا فى حرارة تزيد عن ٣٠°م، وخصبة الذكر تماما فى حرارة تقل عن ١٥°م

كذلك أمكن التعرف على طفرة عقيمة الذكر من الشعير كانت حساسة للفترة الضوئيه وخط العرض، حيث كانت عقيمة الذكر تمامًا فى فنلندا (إضاءة حتى ٢٤ ساعة عند خط عرض ٦١° شمالا)، بينما كانت خصبة الذكر جزئيًا فى بوزيمان Bozeman بولاية مونتانا الأمريكية (إضاءة حتى ١٥-١٦ ساعة عند خط عرض ٤٦° شمالاً)

٧ - الفول

تؤثر كل من الفترة الضوئية وشدة الإضاءة على صفة العقم الذكرى فى بعض طفرات الفول، فبنقل النباتات الحاملة لتلك الطفرات – وقت الانقسام الاختزالى للخلايا الأمية لحبوب اللقاح – من ٩ ساعات إضاءة شدتها ٨٠٠٠ لكس إلى ١٦ ساعة إضاءة شدتها ٢٥٠٠٠ لكس زادت خصوبة حبوب اللقاح إلى ٨٠٪ فى ٦٠٪ من النباتات المعاملة

٨ – فول الصويا

أمكن التعرف على طفرات عقيمة الذكر من فول الصويا كان بعضها حساسًا لدرجة الحرارة وبعضها الآخر حساسًا للفترة الضوئية

٩ – لفت الزيت

عرفت فى لفت الزيت طفرة عقيمة الذكر كانت حساسة لدرجة الحرارة

١٠ – البصل

لا تنتج حبوب اللقاح فى إحدى سلالات البصل فى حرارة تقل عن ٢١°م، ويكون إنتاج حبوب اللقاح الخصبة جزئيًا فى حرارة ٢١-٢٥°م

وفى طفرة أخرى ظهرت استجابة عكسية لدرجة الحرارة، حيث كانت النباتات عقيمة الذكر فى حرارة ١٤°م، وخصبة جزئيًا فى ٢١-٢٣°م، وخصبة تماما فى درجات الحرارة الأعلى.

١١ – القطن:

يكون ظهور العقم الذكرى فى *Gossypium hirsutum* عاليًا فى حرارة ٣٢°م، وكاملاً فى حرارة ٣٨°م

كما ظهرت فى النوع *G anomalum* طفرة عقم ذكرى كانت مرتبطة سلبيًا بكل من درجة الحرارة وشدة الإضاءة، وذلك فى الأسابيع الثلاثة التى تسبق تفتح الأزهار.

١٢ – الدخن

أصبحت النباتات العقيمة الذكر خصبة عندما عرضت لحرارة تزيد عن ٤٠°م قبل مرحلة الانقسام الاختزالى.

وفى طفرة أخرى كانت النباتات عقيمة الذكر فى حرارة ليل ١٣°م أو أقل خلال مرحلة الانقسام الاختزالى.

١٣ – السمسم.

ظهرت طفرة من السمسم كانت عقيمة الذكر تحت ظروف الحقل، بينما كانت خصبه الذكر فى الزراعة المحمية.

١٤ - الأرز

ظهرت فى الأرز طفرات عقيمة الذكر حساسة للفترة الضوئية، وأخرى حساسة لدرجة الحرارة، وبدا أن الفترة الضوئية الطويلة التى تزيد عن ١٤ ساعة أو الحرارة العالية تسببت فى ظهور حالة العقم الذكرى، بينما كانت تلك الطفرة خصبة الذكر فى إضاءة لا تزيد عن ١٣,١/٢ ساعة مع حرارة منخفضة، ولكن ظهر فى طفرات أخرى اتجاهًا عكسيًا فى الاستجابة لدرجة الحرارة (عن Virmani & Ilyas-Ahmed ٢٠٠١)

يُعد الاعتماد على طفرات العقم الذكرى الحساسة للعوامل البيئية من قصص النجاح الهامة فى تربية النبات، وهى القصة التى اكتملت فصولها فى الصين، والتى نتناول تفاصيلها بالشرح تحت العنوان التالى.

الاعتماد على صفة العقم الذكرى الحساس للعوامل البيئية فى إنتاج هجن الأرز

اكتشفت فى عام ١٩٧٣ طفرة خصبة بالعقم الذكرى كانت حساسة للفترة الضوئية فى صنف الأرز Nongkeng 58 (وهو من الطرز المتأخرة من الأرز الـ Japonica)، أعطيت الاسم Nongkeng 58S. تميزت النباتات الحاملة لتلك الطفرة بأنها كانت عقيمة الذكر فى النهار الطويل، بينما كانت خصبة الذكر فى النهار القصير. علما بأن الأرز من نباتات النهار القصير. وقد تبين فيما بعد أن هذه الطفرة ذاتها كانت حساسة كذلك لدرجة الحرارة (عن Yan & Wallace ١٩٩٥).

وراثة الصفة

يتحكم فى وراثة صفة العقم الذكرى الحساس للفترة الضوئية فى صنف الأرز Nongken 58S زوجين من الجينات المتنحية، أعطيت الرمزان ms^{h} ms، و $ms^{h}ms$، بالإضافة إلى عدد من الجينات الأخرى المحورة المتنحية. وقد تبين أن واحد فقط من هذين الجينين هو الذى يميز Nongken 58S بخاصية استجابة صفة العقم الذكرى لطول الفترة الضوئية، بينما يعد الجين الآخر جينا عاديًا للعقم الذكرى كغيره من تلك الجينات التى عرفت سابقا فى الأرز.

استجابة سلالات الأرز الحساسة لمختلف العوامل البيئية

توصل العلماء الصينيون إلى علاقة كمية تربط بين نسبة عقد البذور فى الأرز وكلا من الضوء والحرارة فى حدود المدى الحرارى للحساسية للفترة الضوئية كما يلى:

$$Y = 465.4 - 23.8\,X_1 - 4.2X_2$$

حيث إن:

Y نسبة المئوية لعقد البذور

X_1 طول الفترة الضوئية، متضمنة الفترات التى تسبق الشروق بقليل وتلك التى تعقب الغروب بقليل، والتى تزيد فيها شدة الإضاءة عن ٥٠ لكس

X_2 متوسط درجة الحرارة خلال الفترة الحساسة

وقد قدرت درجات الحرارة الخاصة بصنف الأرز Nongken 58S – فيما يتعلق باستجابته للفترة الضوئية – كما يلي

- الحد الأدنى البيولوجى ٢٠°م
- الحد الأقصى البيولوجى ٣٤°م
- درجة الخصوبة الحرجة critical fertility point: ٢٤°م.
- درجة العقم الحرجة critical sterility point. ٣٢°م.
- المدى الحرارى للحساسية للفترة الضوئية temperature range for photoperiod sensitivity ٢٤-٣٢°م.

وعلى الرغم من أن سلالات الأرز عقيمة الذكر الحساسة لكل من الفترة الضوئية ودرجة الحرارة – والمعروفة حاليًّا فى الصين – تنحدر جميعها من السلالة Nongken 58S، وتتبع نظامًا واحدا فى التعبير عن الخصوبة أو العقم .. فإنها تختلف فى كل من نقطتى الخصوبة والعقم الحرجتين، وفى المدى الحرارى للحساسية للفترة الضوئية، وذلك بسبب اختلافها فى الخلفيات الوراثية

وعمومًا فإن درجة العقم الحرجة هى أهم العوامل المسببة لظهور تباينات فى العقم تحت ظروف الفترة الضوئية الطويلة؛ فإن لم تكن تلك الدرجة منخفضة بقدر كافٍ فى سلالة ما، فإن استعمالها فى إنتاج البذرة الهجين يعد مخاطرة؛ لأن أى انخفاض فى درجة الحرارة عن درجة العقم الحرجة يمكن أن يجعل السلالة العقيمة الذكر خصبة جزئيًّا أيًّا كانت الفترة الضوئية.

وبالمقارنة فإن درجة الخصوبة الحرجة هى أهم العوامل التى قد تجعل إكثار تلك السلالات غير اقتصادى فى ظروف النهار القصير إن لم تكن درجة الخصوبة الحرجة عالية بقدر كافٍ. ففى تلك الحالات قد يؤدى التعرض لحرارة عالية إلى العقم وضعف إنتاج البذور فى حقول إنتاج تلك السلالات.

وتعد كل من فترة الإضاءة الحرجة وشدة التفاعل بين الفترة الضوئية ودرجة الحرارة أهم العوامل المتحكمة فى تأقلم السلالات الحساسة لدرجة الحرارة والفترة الضوئية على مختلف خطوط العرض، حيث تؤثر فترة الإضاءة الحرجة مباشرة فى هذا الشأن، بينما

يزداد قدرة السلالة على التأقلم على خطوط العرض المختلفة كلما ازدادت شدة التفاعل بين الفترة الضوئية ودرجة الحرارة، لأن الحرارة العالية يمكنها في حالة زيادة شدة التفاعل من تعويض عدم كفاية طول الفترة الضوئية فى خطوط العرض الأقرب إلى خط الاستواء، كما يمكن كذلك للفترة الضوئية الطويلة أن تعوض جزئيًا عدم كفية الارتفاع فى درجة الحرارة فى خطوط العرض الأبعد عن خط الاستواء (عن Virmani & Ilyas-Ahmed ٢٠٠١)

وتقسم سلالات الأرز عقيمة الذكر الحساسة لكل من الفترة الضوئية ودرجة الحرارة إلى أربع فئات، كما يلى:

١ - سلالات ذات خصوبة حرجة منخفضة، ودرجة عقم حرجة عالية مثل Nongken 58S

٢ - سلالات ذات درجة خصوبة حرجة منخفضة، ودرجة عقم حرجة منخفضة مثل Pei'ai 64

٣ - سلالات ذات درجة خصوبه حرجة عالية، ودرجة عقم حرجة عالية مثل 8902S

٤ - سلالات ذات درجة خصوبة حرجة عالية، ودرجة عقم حرجة منخفضة مثل W6154S

إنتاج الهجن التجارية بالاعتماد على السلالات الحساسة للعوامل البيئية

لقد طور فى الصين - إلى درجة كبيرة - إنتاج هجن الأرز الـ japonica والأرز البسمتى ذو الجودة العالية، ووضعت الشروط التى يتعين توفرها فى السلالات العقيمة الذكر التى تستعمل كأمهات، وطرق التعرف على تلك السلالات وإكثارها، وتفاصيل برامج التربية المتبعة للاستفادة منها فى إنتاج الهجن وقد نشرت غالبية الأبحاث المتعلقة بهذا الموضوع باللغة الصينية، ولكن تم تناولها بالتحليل الدقيق فى المقال المرجعى لكل من Virmai & Alyas-Ahmed (٢٠٠١)، الذى يذكران فيه أن مساحة هجن الأرز التى أنتجت بتلك الطريقة بلغت ١,٢٨ مليون هكتار فى الصين فى عام ١٩٩٩

العقم الذكرى الحساس لمعاملات خاصة

أمكن أحيانًا التحكم في ظهور صفة العقم الذكرى من عدمه بمعاملات خاصة، مثل معاملات منظمات النمو، ونقص بعض العناصر الدقيقة، وتلك حالات يمكن الاستفادة منها – كذلك – فى إنتاج الهجن التجارية، إلا أنها لم تطور بعد لهذا الغرض

معاملات منظمات النمو

أمكن دفع نباتات البيتونيا ذات العقم الذكرى السيتوبلازمى إلى إنتاج أزهار شبه طبيعية بحقن الجزء السفلى من ساق النبات بحامض الجبريلليك (عن Hanan وآخرين ١٩٧٨)

معاملات التعريض لنقص فى العناصر الدقيقة

عرفت في بعض المحاصيل حالات عقم ذكرى ظهرت عند نقص بعض العناصر الدقيقة، كتلك التى أحداثها نقص النحاس والبورون فى القمح، ونقص النحاس فى كل من الذرة، والشعير، والشوفان، ودوار الشمس، ونقص البورون فى الأرز (عن Virmani & Alyas-Ahmed ٢٠٠١).

يسبب نقص البورون نقصًا فى عقد الحبوب فى القمح. ويتفاوت جيرمبلازم القمح فى تلك الخاصية ما بين الشديد الحساسية لنقص البورون والمتحمل له. وفى التركيزات الشديدة الانخفاض من البورون تكون السلالات الشديدة الحساسية والحساسة عقيمة الذكر تمامًا، ولا يعقد بها سوى القليل جدًّا من الحبوب، وقد لا تعقد بها الحبوب مطلقًا، بينما تعقد الحبوب فى السلالات المتحملة للبورون بصورة طبيعية (Rerkasem & Jamjod ١٩٩٧)

الفصل الثامن

عـدم التوافـق

تنتشر ظاهرة عدم التوافق Incompatibility فى المملكة النباتية، حيث وجدت فى أكثر من ٣٠٠٠ نوع نباتي، تمثل عددًا كبيرًا من العائلات النباتية. وينتج النبات عديم التوافق حبوب لقاح خصبة وطبيعية إلا أنه لا يمكن تلقيحه ذاتيًّا، كما لا يمكن تلقيحه مع أى نبات آخر يحمل نفس عوامل عدم التوافق ويطلق على الظاهرة – فى الحالة الأولى – اسم عدم التوافق الذاتى self incompatibility بينما تعرف فى الحالة الثانية باسم cross incompatibility.

يستفاد من ظاهرة عدم التوافق فى إنتاج الهجن التجارية، حيث تنقل للسلالات المستخدمة فى إنتاج الهجن آليات مختلفة لعدم التوافق، وبذا تُصبح كل سلالة غير متوافقة ذاتيًّا، ولكنها متوافقة – خلطيًّا – مع السلالة الأخرى وتؤدى زراعتهما فى خطوط متبادلة إلى أن يُلقح كل منهما الآخر، لاستحالة حدوث التلقيح الذاتى فى أى منهما وتكون البذور التى تنتجها كلتا السلالتين – فى هذه الحالة – بذور هجين

وعلى خلاف ظاهرة العقم الذكرى فإن ظاهرة عدم التوافق يمكن الاستفادة منها فى إنتاج هجن النباتات الذاتية التلقيح، التى قد تزورها الحشرات لجمع حبوب اللقاح، ذلك لأن النباتات غير المتوافقة ذاتيًّا تنتج حبوب اللقاح بصورة طبيعية. ويحدث ذلك فى الطماطم التى قد تزورها الحشرات – أحيانا – لجمع حبوب اللقاح - وليس الرحيق – لذا .. لا تفيد معها ظاهرة العقم الذكرى، بينما قد تفيد ظاهرة عدم التوافق (Sneep & Hendriksen ١٩٧٩).

تأثير حالة عدم التوافق على إنبات حبوب اللقاح

يختلف تأثير حالة عدم التوافق على إنبات حبوب اللقاح باختلاف الأنواع النباتية كما يلى:

١ – يقل إنبات حبوب اللقاح – كثيرًا – في بعض الأنــواع – كمـا فـي لـبروكولى – حيث يحدث التفاعل بين حبوب اللقاح وأنسجة الميسم. وأحيانا يـؤدى قطـع الميســم أو هرسه إلى التخلص من حالة عدم التوافق.

٢ – تنبت حبوب اللقاح بصورة طبيعية، ثم يتوقف نمو أنابيب اللقح في الميسم فـى نباتات اخرى كما فـى الجنس *Nicotiana* وتختلـف المسافة التـى تقطعـها الأنـابيب اللقاحية فى الميسم باختلاف لأنواع النباتيه

٣ - قد تنبت حبوب اللقاح بشكل طبيعـى، وتصـل إلى البويضـة وتخصبـها، ولكـن البذور لا تتكـون لحـدوث تدهـور للبويضـة المخصبـة وتلـك حالـة نـادرة، وتوجـد فـى الكاكاو، وجنس *Gasteria* (Elliott ١٩٥٨، و Briggs & Knowles ١٩٦٧)

أنواع عدم التوافق

جرى العرف على تقسيم حالات عدم التوافق على النحو التالى

١ – حالات يختلف فيها الوضع النسبى لكـل مـن ميسـم الزهـرة ومتوكـها، بسـبب اختـلاف طـول كـل مــن القلـم وخيـوط الأســدية، وتعـرف باسـم heteromorphic incompatibility

٢ حالات يكون فيها ميسم الزهرة ومتوكها فى مستوى واحد تقريبا، وتعرف باسم homomorphic incompatibility، وهى تقسم بدورها إلى طرازين، هما

(أ) عدم التوافق الجاميطى gametophytic incompatibility

(ب) عدم التوافق الاسبوروفيتى sporophytic incompatibility

وجدير بالذكر أن جميع حالات عدم التوافق لا تعتمد على الوضع النسبى لكل من ميسم الزهره ومتوكها، بل ان عدم التوافق الـ heteromorphic (الذى يختلف فيه الوضع النسبى لكـل مـن الميسـم والمتـوك) هـو فـى حـد ذاتــه - نــوع مــن عــدم التوافــق الاسبوروفيتى، كما سيأتى بيانه

حالات اختلاف الوضع النسبى لميسم الزهرة ومتوكها

كان داروين Darwin أول من اكتشف هـذه الظـاهرة، وذكـر وجودهـا فـى ٣٨ جنسـا

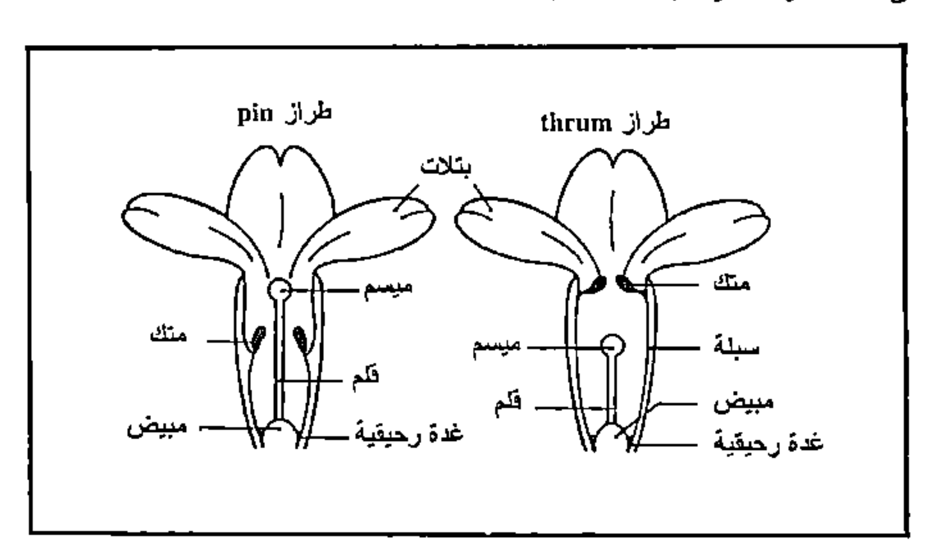
نباتيًا، وشرحها بالتفصيل في نبات *Primula sinensis* ويوجد في هذا النبـات طـرزان من الأزهار، هما

١ - طراز الدبوس Pin Type.

يتميز هذا الطراز، بطول قلم الزهرة، وقصر الأسدية؛ وبذا يكون الميسم في مستوى أعلى من مستوى المتوك.

٢ – طراز "ثرم" Thrum Type

يتميز هذا الطراز بقصر قلم الزهرة وطول الأسدية؛ وبذا يكون الميسم فـي مسـتوى أدنى من مستوى المتوك (شكل ٨–١)



شكل (٨–١): طرازا الأزهار **pin**، و **thrum** في نبـات *Primula sinensis* (عـن **Birkett** ١٩٧٩).

يتحكم في الشكل المظهري لهذين الطرازين سلسلة مـن الجينـات الشـديدة الارتبـاط ونادرًا ما يحدث بينها عبور، وتعامل كجين واحد يطلق عليه اسم الجين الفـائق super gene، ويرمز له بالرمز S. ويتحكم الآليل السـائد S في طراز الثرم thrum، بينما يتحكم الآليل المتنحي s في طراز الدبوس pin ولا ترجع حالة عدم التوافق – في هذه النباتات إلى اختلاف الوضع النسبي للميسم والمتوك، وإنما ترجـع إلى حالـة مـن عـدم التوافـق

الاسبوروفيتى؛ إذ أن النبات المنتج لحبوب اللقاح هو الذى يحدد إن كانت حبوب اللقاح قادرة على الإنبات على ميسم معين، أم غير قادرة

وفى الأنواع التى يوجد فيها الطرازان السابقان للأزهار (pin، و thrum) - التى تعرف باسم ذى القلمين distyly (نسبة إلى وجود طولين مختلفين لقلم المتاع) - يكون التلقيح pin × pin (ss × ss) غير متوافق، ولا يوجد تركيب وراثى أصيل سائد SS؛ لأن التلقيح thrum × thrum غير متوافق أيضا تكون جميع الأفراد الـ thrum ذات تركيب وراثى Ss؛ لأنها تنتج من التلقيح الوحيد المتوافق، وهو (ss) thrum (Ss)×pin، الذى يكون النسل فيه من طرازى pin (ss)، و thrum (Ss) بنسبة ١ : ١ سواء أكان التلقيح فى الاتجاه المبين، أم فى الاتجاه العكسى (أى سواء أكان طراز pin – مثلا – مستعملا كأم، أم كأب فى التلقيح)

وتتوفر أنواع يوجد بها ثلاثة أطوال لقلم الزهرة (tristyly)، هى: الطويل، والمتوسط، والقصير، وتكون التلقيحات غير المتوافقة فيها هى طويل × طويل، ومتوسط × متوسط، وقصير × قصير. ويتحكم فى هذا النوع من عدم التوافق عاملان وراثيان، هما S، و M، لكل منهما آليلان، أحدهما سائد، والآخر متنح وتكون النباتات ذات الأقلام الطويلة متنحية أصيلة فى العاملين الوراثيين؛ أى ss mm. وتكون النباتات ذات الأقلام المتوسطة الطول إما ss Mm وإما ss MM ويؤدى وجود الآليل السائد S إلى جعل قلم الزهرة قصيرًا، أيًا كان التركيب الوراثى فى الموقع M؛ وعليه فإن النباتات ذات الأقلام القصيرة يكون تركيبها الوراثى إما -S-M، وإما S-mm

ورغم أن حالة عدم التوافق وحالة الوضع النسبى لميسم الزهرة ومتوكها يتلازمان – بشدة - فى الطبيعة إلا أنه توجد أدلة على أن الصفتين محكومتان بجينات مختلفة وقد اقْتُرِح أن حالة الـ tristyly الأخيرة يتحكم فيها جين مركب؛ يتكون من خمس وحدات شديدة الارتباط، تختص اثنتان منها بحالة عدم التوافق الاسبوروفيتى، والثالثة بطول القلم، والرابعة بارتفاع المتوك، والخامسة بحجم حبوب اللقاح.

ولمزيد من التفاصيل عن حالات عدم التوافق المختلفة مظهريًا فى مواضع كل من الميسم والمتوك heteromorphic self-incompatibility يراجع Liedl & Anderson (١٩٩٣)

عدم التوافق الجاميطى

اكتشـف East & Mangelsdorf ظـاهرة عـدم التوافـق الجــاميطى Gametophytic Incompatibility فى نبـات *Nicotiana sanderae* فـى عـام ١٩٢٥ تنتشـر الظـاهرة – خاصة – فى العائلات الباذنجانية، والوردية، والعليقية.

وراثة عدم التوافق الجاميطى

حالات عدم التوافق الجاميطى البسيطة

نجـد فى معظم حالات عدم التوافـق الجـاميطى أن عـاملاً وراثيًّـا واحـدًا يرمـز إليـه بالرمز S (نسبة إلى حالة العقـم sterility التـى يحدثـها) هـو الـذى يتحكـم فـى إنبـات حبوب اللقاح على مياسم أزهار معينة دون غيرها وتوجد سلسلة طويلة من آليلات هــذا الجين تأخذ الرموز S_1، و S_2، و S_3 ... إلخ، ولكن النبات الثنائى العادى لا يحتوى إلا على آليل واحد إن كـان أصيـلاً، أو علـى آليلـين إن كـان خليطًـا. وبينمـا لا يمكـن أن يحدث التلقيح الذاتى لهذه النباتـات – سـواء أكـانت أصيلـة، أم خليطـة – فـإن حبـة اللقـاح يمكنها النمو على أى ميسم لا يوجد به آليل عــدم التوافـق، الـذى يوجـد بحبـة اللقاح؛ لذا . يعرف هذا النوع من عدم التوافق بعدم التوافق الجاميطى

ويعرف آليل آخر من هذه السلسلة لآليلات عدم التوافـق – يرمـز إليـه بـالرمز Sf – ويؤدى وجوده فى النبات بحالة أصيلة أو خليطة . إلى جعلـه متوافقـا ذاتيًـا، ومتوافقـا مع أى تركيب وراثـى آخـر. فمثـلاً يمكـن تلقيـح النبـات الخليـط S_fS_1 ذاتيًّـا لينتـج التراكيب الوراثية S_fS_f، و S_fS_1.

وقد أمكن الحصول على الآليل S_f بسهولة – كطفرة – فى الجنــس *Prunus* بمعاملـة حبوب اللقاح بأشعة X، وأمكن التعرف على الطفرة – بسهولة – بنجاح التلقيح الذاتى.

هذا .. ويعرف آليل آخر S_F يؤدى وجوده فى الأم إلى منع إنبات حبوب اللقاح التى تحمل الآليل S_f؛ مما يحتم ظهور حالة عدم التوافق (عن Singh ١٩٩٣).

وفيما يلى .. أمثلة لبعض حالات التلقيحات المتوافقة، وغــير المتوافقــة فــى النظام الجاميطى الذى يتحكم فيه جين واحد:

الأب		الأم	حبوب اللقاح القادرة على الإنبات	النسل
S_1S_1	×	S_1S_1	لا توجد	لا توجد
S_1S_2	×	S_1S_1	S_2	S_1S_2
S_1S_2	×	S_2S_3	S_1	S_1S_3 ، S_1S_2
S_1S_2	×	S_3S_4	S_2 ، S_1	S_2S_4 ، S_2S_3 ، S_1S_4 ، S_1S_3
$S\ S_4$	×	S_1S_3	S_4	S_3S_4 ، $S\ S$
S_1S_2	×	S_1S_4	S_2 ، S_1	S_3S_1 ، $S\ S_3$ ، S_1S_4 ، S_1S_1

يمكن أن يتواجد العديد من آليلات عدم التوافق في الموقع الجيني الواحد في العشيرة الواحدة، كما في الأجناس *Nicotiana* (١٧ آليل)، و *Lycopersicon*، و *Trifolium* (٢١٢ آليل)، و *Oenothera* (٣٧ آليل)؛ بما يعني أن نسبة أي من تلك الآليلات في العشيرة تكون منخفضة للغاية. ويفيد هذا التعدد الكبير لآليلات S في المحافظة على النوع؛ حيث تزداد فرصة نجاح التلقيحات بين الأفراد لزيادة احتمالات اختلافها فيما تحمله من آليلات عدم التوافق.

هذا .. وقد تعطى الـ S-locus رموزًا أخرى في بعض الأجناس؛ فهي P-locus في *Nicotiana*، و *F-locus* في *Antirrhinum*، و R-locus في *Solanum*، و T-locus في *Oenothera* (عن Richards ١٩٨٦، و Agrawal ١٩٩٨).

حالات عدم التوافق الجاميطي التي يتحكم فيها زوجان من الجينات

اكتشفت حالات من عدم التوافق الجاميطي يتحكم فيها زوجان من العوامل الوراثية في النجيليات وبعض الباذنجانيات. وعلى الرغم من أن كل الأعشاب النجيلية grasses يوجد بها هذا النظام لعدم التوافق، فإن كل أنواع نباتات الحبوب لا يوجد بها عدم توافق، وذلك باستثناء السوفان. كما أن نظام عدم التوافق في الـ *Lolium* يتحكم فيه ثلاثه جينات.

ومن بين الأجناس التي وجدت فيها حالة التوافق الجاميطي التي يتحكم فيها زوجان من العوامل الوراثية، ما يلي:

Secale cereale — *Festuca pratensis*
Phalaris coerulescens — *Hordeum bulbosum*
Physalis ixocarpa

ويرمز – عادة -- للعاملين الوراثيين المتحكمــين فـى تلـك الصفـة بـالرمزين S، و Z، وهما غير مرتبطين. وكلاهما متعدد الآليلات، وبينمــا يتعـاون آليـلا الجينـين فـى حبـة اللقاح، فإن آليلات S، و Z يكون لهما تفاعلات مستقلة فى القلم ويحدث عدم التوافق عندمـا تتقـابل تلـك الخاصيـة مـع إحـدى التوافيـق الأربعـة الممكنـة فـى القلـم الثنـائى التضاعف. ويبين جدول (٨-١) أمثلة لبعض الحالات المتوافقة وغير المتوافقة فى النظـام الجاميطى الذى يتحكم فى وراثته زوجان من العوامل الوراثية (عن Richards ١٩٨٦)

جدول (٨–١) أمثلة لبعض حالات التلقيحات المتوافقة، وغير المتوافقة فى النظام الجاميطى الــــذى يتحكم فيه زوجان من العوامل الوراثية.

الأب	الأم	حبوب اللقاح القادرة على الإنبات	النسل
$S_1S_2Z_1Z_2$	$S_1S_2Z_1Z_2$	لا توجد	لا توجد
$S_1S_2Z_1Z_3$	$S_1S_2Z_1Z_2$	S_2Z_3 ، S_1Z_3	$S_1S_1Z_1Z_3$ ، $S_1S_2Z_2Z_3$
			$S_1S_1Z_2Z_3$ ، $S_2S_2Z_1Z_3$
			$S_1S_2Z_1Z_3$ ، $S_2S_2Z_2Z_3$
$S_1S_3Z_1Z_3$	$S_1S_2Z_1Z_2$	S_3Z_3 ، S_3Z_1 ، Z_1Z_3	$S_1S_1Z_1Z_3$ ، $S_1S_3Z_1Z_3$
			$S_1S_1Z_2Z_3$ ، $S_1S_3Z_2Z_3$
			$S_1S_2Z_1Z_3$ ، $S_2S_3Z_1Z_1$
			$S_1S_2Z_2Z_3$ ، $S_2S_3Z_1Z_2$
			$S_2S_3Z_1Z_3$ ، $S_2S_3Z_2Z_3$
$S_3S_4Z_3Z_4$	$S_1S_2Z_1Z_2$	S_4Z_4 ، S_4Z_3 ، S_3Z_4 ، S_3Z_3	$S_1S_3Z_1Z_3$ ، $S_1S_4Z_1Z_3$
			$S_1S_3Z_2Z_3$ ، $S_1S_4Z_2Z_3$
			$S_2S_3Z_1Z_3$ ، $S_2S_4Z_1Z_3$
			$S_2S_3Z_2Z_3$ ، $S_2S_4Z_2Z_3$
			$S_1S_3Z_1Z_4$ ، $S_1S_4Z_1Z_4$
			$S_1S_3Z_2Z_4$ ، $S_1S_4Z_2Z_4$
			$S_2S_3Z_1Z_4$ ، $S_2S_4Z_1Z_4$
			$S_2S_3Z_2Z_4$ ، $S_2S_4Z_2Z_4$

حالات عدم التوافق الجاميطى التى يتحكم فيها ثلاثة أزواج من الجينات

اكتشفت حالات عدم التوافق الجاميطى التى يتحكم فيها ثلاثة أزواج من العوامل الوراثية فى عدد قليل من الأنواع النباتية، منها *Ranunculus acris*، و *Beta vulgaris*، و *Lolium* spp، و *Briza spicata*. وكما فى حالة النظام الثنائى العوامل، فإن النظام الثلاثى العوامل ينتج عنه عددا أكبر من التراكيب الوراثية المتوافقة خلطيًا فى النسل، حيث يمكن أن ينتج ٤^٣ = ٦٤ تركيبًا وراثيًا متوافقًا من تلقيح واحد، مقارنة بـ ١٦ تركيبا فى النظام الثنائى الجينات، و ٢٥٦ تركيبا فى النظام الرباعى الجينات (عن Richards ١٩٨٦).

عدم التوافق الاسبوروفيتى

اكتشفت ظاهرة عدم التوافق الاسبوروفيتى sporophytic incompatibility عام ١٩٥٠ بواسطة Hughes & Babcock فى نبت *Crepis foetida*، وبواسطة Gerstol فى نبات الجوايول guayule (*Parthenium argentatum*).

توجد هذه الظاهرة فى بعض العائلات، مثل الصليبية، والمركبة، ولكنها أقل انتشارًا من ظاهرة عدم التوافق الجاميطى ومن بين أهم الأنواع النباتية التى تعرف فيها الظاهرة، ما يلى

Cardamine pratensis	*Cosmos bipinnatus*
Brassica spp.	*Lberia amara*

وراثة عدم التوافق الاسبوروفيتى

الأليلات المتعددة لعامل عدم التوافق

يتحكم فى نظام عدم التوافق الاسبوروفيتى جينًا واحدا (S) متعدد الآليلات، حيث تأخذ آليلاته أرقاما متسلسلة، مثل S_1، و S_2، و S_3 إلخ وبصفة عامه فإن عدد آليلات S فى هذا النظام لعدم التوافق أقل مما فى النظام الجاميطى وقد أمكن – على سبيل المثال - تحديد ٥٠ آليلا مختلفا لعامل عدم التوافق S فى مختلف محاصيل النوع *Brassica oleracea*، وذلك بعد استبعاد جميع الآليلات المتكررة (Ockendon ٢٠٠٠)

التأثير الاسبوروفيتى

تبعًا لهذه الظاهرة . فإن التركيب الوراثى للنبات الذى ينتج حبة اللقاح هو الذى يحدد إن كانت حبة اللقاح يمكنها الإنبات على ميسم معين، أم لا يمكنها، ذلك لأن الجدار الخارجى لحبة اللقاح exine – وهو أمّى المنشأ – هو الذى يتفاعل مع مياسم الأزهار، أى إن التركيب الوراثى لحبة اللقاح ذاتها لا يحدد سلوكها على مياسم الأزهار المختلفة، لأن هذا السلوك قد تحدد -- سلفًا – بالنبات الذى أنتجها كما أن جميع حبوب اللقاح التى ينتجها النبات الواحد تسلك مسلكًا واحدًا، حتى لو كانت مختلفة وراثيًا عن بعضها البعض

يتبين مما تقدم أن الطور الاسبوروفيتى هو الذى يتحكم فى هذا النظام لعدم التوافق. ونظرًا لأن المواد المسئولة عن سلوك حبة اللقاح تنتج قبل الانقسام الاختزالى للخلايا الوالدة للجراثيم الصغيرة microspore mother cells فإن معاملة المتوك بالعوامل المطفرة لا يؤثر على سلوك حبوب اللقاح المنتجة، حتى لو حدثت بها طفرات. وكما فى عدم التوافق الجاميطى .. فإن سلسلة طويلة من آليلات العامل S تتحكم كذلك فى نظام عدم التوافق الاسبوروفيتى. وتأخذ الآليلات الرموز S_1، و S_2، و S_3 .. إلخ، ويصل العدد فى بعض الأنواع إلى أكثر من خمسين آليلاً

ويترتب على السلوك الاسبوروفيتى لآليلات عدم التوافق ما يلى:

١ – تسلك جميع حبوب اللقاح التى ينتجها النبات الواحد مسلكًا واحدًا على جميع مياسم أزهار النبات الواحد.

٢ – نظرًا إلى أن التحكم فى سلوك حبوب اللقاح يأتى من المتك الثنائى التضاعف، فإن السيادة تظهر عادة، بمعنى أن الشكل المظهرى (سلوك حبوب اللقاح من حيث التوافق من عدمه على ميسم ما) يتحدد بواحد فقط من الآليلين اللذان يوجدان فى المتك، وهو الآليل السائد ويترتب على ذلك أن الشكل المظهرى لحبة اللقاح قد يختلف عن الشكل المظهرى الخاص بآليل عدم التوافق الذى تحمله فعلاً.

٣ – يترتب على ذلك السلوك الوراثى تكوّن التراكيب الوراثية الأصيلة إلى جانب الخليطة

٤ – كما يترتب على ذلك السلوك الوراثي – أيضا - أن عدد الطرز الموافقة في النسل يقل عن $٤^ن$. حيث إن (ن) هي عدد العوامل الوراثية

أنواع التفاعلات الآليلية

يوجد – في هذا النظام لعدم التوافق – ثلاثة أنواع من التفاعلات الآليلية. هي التي تتحكم في سلوك حبوب اللقاح، وقدرتها على الإنبات على مياسم الأزهار (عن Wallace & Nasrallah ١٩٦٨، و Dickson & Wallace ١٩٨٦)، وهي كما يلي

١ تفاعل السيادة Dominance

يسود أحد الآليلين في النبات الثنائي - على الآخر، وتسلك جميع اللقاح التي ينتجه النبات مسلك الآليل السائد، أيًا كان الآليل الذي يوجد بها كما يتحدد الشكل الظاهري للميسم بالآليل السائد أيضا ويرمز إلى حالة السيادة بين آليلين بالعلامة (<). فلو كان التركيب الوراثي للنبات هو S_1S_2 وكان الآليل S_1 سائدا على S_2 يكتب التركيب الوراثي هكذا $S_1 > S_2$.

٢ – تفاعل السيادة المشتركة Co-dominance

يظهر تأثير الآليلين معا في الفرد؛ فتسلك جميع حبوب اللقاح التي ينتجها النبات (الثنائي). كما لو كانت تحمل الآليلين الموجودين في النبات (الطور الاسبوروفيتي)، برغم أنها – أي حبوب اللقاح – تكون أحادية، ولا تحمل سوى آليل واحد منهما كما يتحدد الشكل المظهري للميسم بالآليلين معا أيضا ويرمز لحالة السيادة المشتركة بين آليلين بالعلامة (=)؛ فلو كان التركيب الوراثي للنبات هو S_2S_3، وكانت بينهما سيادة مشتركة فإن التركيب الوراثي يكتب هكذا $S_2 = S$

٣ – تفاعل الإضعاف المتبادل Mutual Weekening

يُضعف كل آليل تأثير الآليل الآخر في النبات (الثنائي)، وتكون نتيجة ذلك أن يصبح النبات متوافقًا ذاتيًا، ومتوافقا - كذلك – مع أي نبات آخر؛ ذلك لأن جميع حبوب اللقاح التي ينتجها نبات كهذا تبدو في سلوكها، كما لو كانت خالية من عوامل عدم التوافق، رغم أنها تحمل أحد الآليلين في تركيبها الوراثي، كما يسمح ميسم النبات بإنبات حبوب اللقاح التي تصل إليه، أيًا كان تركيبها الوراثي ويرمز إلى حالة

الإضعاف المتبادل بالعلامة (×)، فلو كان التركيب الوراثى للنبات هو S_3S_4، وكـان بـين الآليلين إصعاف متبادل فإن التركيب الوراثى يكتب هكذا: $S_3 \times S_4$

٤ – قد يتفاعل آليلا عدم التوافق لينتجا شكلا مظــهريًّا لآليـل ثـالث، فمثـلا قـد يكون التركيب الوراثى S_1S_2، ولكن الشكل المظهرى قد يكون للآليل S_3 (عـن Richards ١٩٨٦)

خصائص التفاعلات الآليلية

من خصائص التفاعلات الآليلية التى سبق بيانها .. ما يلى:

١ – قد يختلف نوع التفاعل فى متوك الزهرة عنه فى مياسم النبات نفسه، فمثلاً . قد بكون النبات ذا تركيب وراثى S_4S_5، وفيه S_4 سـائد على S_5 ($S_4 > S_5$) فـى الميسـم، بينما قد توجد بين الآليلين سيادة مشتركة ($S_4=S_5$)، أو إضعــاف متبـادل ($S_4 \times S_5$) فـى حبوب اللقاح وعندما يكون أحد الآليلين سـائدا علـى الآليـل الآخـر فـى الميسـم، بينمـا تكون السيادة عكسية فى حبوب اللقاح فإن النبات يصبح متوافقًا ذاتيًّا، ويطلق علـى هذه الحالة اسـم السيادة العكسية Reciprocal Dominace

٢ – لكل آليلين تفاعل خاص بهما، فبينما قد يكون الآليل S_1 سـائدًا علـى S_2 ($S_1 > S_2$) فإنه قد يكون ذا سيادة مشتركة مع S_6 ($S_1=S_6$)، وقد يكون ذا إضعــاف متبـادل مع S_7 ($S_1 \times S_7$)، فمثلاً نجد فى الكيل أنه توجد سيادة مشـتركة بـين الآليلـين S_1، و S_6 ($S_1 = S_6$) وبين الآليلين S_6، و S_{24} ($S_6 = S_{24}$)، بينما يسـود الآليل S_{24} على الأليل S_1 ($S_1 < S_{24}$)

٣ – تختلف درجة السيادة بين الآليلات المختلفة، فلو كانت درجة السيادة تتناقص تدريجيًا - فــى الآليـلات الخمســة. S_7، و S_{35}، و S_1، و S_{20}، و S_4 .. فـإن علاقـة السيادة بينها تكتب هكذا $S_7 > S_{35} > S_1 > S_{20} > S_4$ حيـث يكـون S_7 - فـى هـذه السلسلة أشدها سيادة، بينما يكون S_4 أضعفها

وفى محاولة لتعليل هذه التفاعلات الآليلية .. نفترض وجود ثلاثة آليـلات هـى S_1، و S_2، و S_3، وأن كلا منها يعد مسئولاً عن إنتاج أحد المركبات التى تحدث حالـة عـدم

التوافق بسرعة، وبكمية معينة ونفترض – كذلك – أن إنتاج S_1 للمادة المسئولة عن عدم التوافق يكون أسرع قليلاً من S_2، وأن إنتاج S_2 أسرع قليلا من S_3، وعليه تظهر سيادة متحركة بين الآليلين S_1، و S_2، وبين S_2، و S_3، لأن كل آليل في الفرد الخليط قد ينتج كمية من المركب المسئول عن عدم التوافق، تكفى لإظهار تأثيره ولكن قد يظهر S سائدا على S في الفرد الخليط، لأن S_1 ربما يكون قادرًا على إنتاج المركب المسئول عن عدم التوافق بسرعة، تصل بتركيزه – إلى الحد الحرج، قبل أن ينتج الآليس المنحى S_1 المركب الخاص به (عن Ryder ١٩٧٩)

أمثلة لبعض حالات التلقيحات المتوافقة وغير المتوافقة

يبين جدول (٨ ٢) أمثلة لبعض حالات التلقيحات المتوافقة وغير المتوافقة فى النظام الاسبوروفيتى، آخذين فى الاعتبار كل ما أسلفنا بيانه بخصوص وراثة الصفة

جدول (٨–٢) أمثلة لبعض حالات التلقيحات المتوافقه وغير المتوافقة فى النظام الإسبوروفيتى

الأب: التركيب الوراثى	الأب: الشكل الظاهرى	الأم: التركيب الوراثى	الأم: الشكل الظاهرى	النسل
$S_1 > S_2$	S_1	$S_1 > S_2$	S_1	غير متوافق
$S_1 > S_2$	S_1	$S_1 = S_2$	S_2 ، S_1	غير متوافق
$S_1 > S_2$	S_1	$S_1 < S_2$	S_2	S_2S_2 ، S_1S_2 ، S_1S_1
$S_1 > S_2$	S_1	$S_2 > S_3$	S_2	S_2S_3 ، S_2S_2 ، S_1S_3 ، S_1S_2
$S_1 > S_2$	S_1	$S_1 \times S_4$	---	S_2S_4 ، S_1S_2 ، S_1S_4 ، S_1S_1
$S_1 = S_2$	S_2 ، S_1	$S_1 > S_2$	S_1	غير متوافق
$S_2 = S_3$	S_3 ، S_2	$S_3 < S_4$	S_4	S_3S_4 ، S_3S_3 ، S_2S_4 ، S_2S_3

ومما يزيد من تعقيد حالة عدم التوافق الاسبوروفيتى تأثرها بالجينات المحورة، التى يصعب فصل تأثيرها عن آليلات العامل S، والتى يعتقد أنها ذات تأثير كمى كما اكتشف عامل آخر غير العامل S، يؤثر على الأخير، ويوقف نشاط بعض آليلاته وربما يفسر ذلك التدرجات الملحوظة لتأثير آليلات عدم التوافق، التى تتراوح من صفر الى

١٠٠٪ (Dickson & Wallace ١٩٨٦) كما تختلف شدة حالة عدم التوافق من محصول إلى آخر، فنجد فى الصليبيات – مثلا – أن عدم التوافق يكون ضعيفا فى القنبيط، وقويًا فى الكيل (عن Riggs ١٩٨٨).

مقارنة بين الأنواع المختلفة لعدم التوافق

إن من أهم خصائص نظام عدم التوافق الجاميطى الذى يتحكم فيه جين واحد عديد الآليلات، ما يلى.

١ – يتحدد سلوك حبة اللقاح بتركيبها الوراثى

٢ – تتشرب حبة اللقاح بالرطوبة عند ملامستها لإفرازات الميسم الذى تسقط عليه.

٣ - تنبت حبة اللقاح، وتنمو الأنبوبة اللقاحية مخترقة الميسم سواء أكان التلقيح متوافقًا أم غير متوافق.

٤ – تنمو حبوب اللقاح فى التلقيحات غير المتوافقة بين الخلايا فى القلم، ولكنها سريعًا ما تتوقف عن النمو

أما فى نظام عدم التوافق الاسبوروفيتى فإن توقف نمو حبوب اللقاح غير المتوافقة يحدث مبكرا جدًا عند سطح الميسم، مما يعنى أن العوامل المسئولة عن تفاعل التوافق تُحمل سطحيًا على الميسم ولقد أمكن التعرف على جليكوبروتينات glycoproteins – خاصة بعوامل S معينة – ولها خصائص الليكتين lectin أمكن التعرف عليها فى مياسم الأزهار (عن Richards ١٩٨٦)

هذا ونقدم فى جدول (٨–٢) مقارنة بين النظم المختلفة لظاهرة عدم التوافق فى النباتات الزهرية، كما نقدم فى جدول (٨–٣) بيانا بالاختلافات المورفولوجية والفيزيائية التى تميز بين نظامى عدم التوافق الجاميطى والاسبوروفيتى

طبيعة ظاهرة عدم التوافق

النظريات التى قدمت لتفسير الظاهرة

اقترح Ferrari & Wallace عام ١٩٧٧ نظرية لتفسير حالات عدم التوافق فى الصليبيات (عن Ryder ١٩٧٩)، وبيان هذه النظرية كما يلى

١ - يتحكم أحد آليلات الجين S فى إنتاج مادة فى الميسم، هى الجزئ المؤثر effector molecule

٢ - يتحكم نفس الآليل فى إنتاج مادة مقابلة فى حبوب اللقاح، هى الجزئ المستقبل receptor molecule

٣ توجد مجموعة متكاملة من الإنزيمات، يتوقف عليها إنبات حبوب اللقاح، خاصة فى المراحل الأولى من عملية الإنبات

٤ - توجد مادة تمنع إنبات حبوب اللقاح germination inhibitor

٥ توجد مادة أخرى تنشط إنبات حبوب اللقاح germination activator

جدول (٨-٢) مقارنة بين نظم عدم التوافق فى النباتات الزهرية (عن Agrawal ١٩٩٨)

مورفولوجى الزهرة	التحكم الوراثى				فسيولوجى
	عدد الجينات	عدد الآليلات عند كل موقع	فعل آليل S		التفاعل
			فى أنبوبة اللقاح	فى القلم	
Heteromorphic					
distyly	١	٢	سيادة	سيادة	منشط مكمل
tristyly	٢	٢	اسبوروفيتية		أو مثبط متضاد
Homomorphic	١	العديد	سيادة اسبوروفيتية أو فعل فردى	سيدة أو فعل فردى	مثبط متضاد
	١ أو ٢	الكثير	فعل جاميطى فردى	فعل فردى	مثبط متضاد

المصطلحات heteromorphic عدم تماثل مواقع المتوك مع الميسم؛ homomorphic تماثل مواقع المتوك مع الميسم؛ distyly موقعان للميسم بالنسبة للمتوك؛ tristyly ثلاثة مواقع للميسم بالنسبة للمتوك؛ سيادة اسبوروفيتية sporophytic dominance، وفعل فردى individual action؛ فعل جاميطى فردى gametophytic individual action؛ منشط مكمل complementary stimulant؛ مثبط متضاد oppositional inhibitor

وتبعًا لهذه النظرية فإنه إذا لامست حبة لقاح ميسما، وكان آليل الجين S المؤثر فى كليهما (أى فى حبوب اللقاح والميسم) واحدًا . فإنه تحدث سلسلة من التفاعلات، تؤدى إلى وقف إنبات حبة اللقاح، فيتفاعل الجزئ المستقبل الموجود فى حبة اللقاح مع الجزئ المؤثر الموجود فى الميسم، ويؤدى ذلك إلى إنتاج المادة المانعة لإنبات حبوب اللقاح، ووقف إنتاج المادة المنشطة للإنبات، ثم تؤدى المادة المانعة للإنبات إلى وقف إنتاج الإنزيمات الضرورية لنمو الأنابيب اللقاحية واستطالتها.

جدول (٨-٣): الاختلافات المورفولوجية والفيزيائية التى تميز بين عدم التوافق الجاميطى وعدم التوافق الاسبوروفيتى (عن Richards ١٩٨٦)

الخاصية	عدم التوافق الجاميطى	عدم التوافق الاسبوروفيتى + العائلة النجيلية[أ]
حبوب اللقاح	ثنائية النواة	ثلاثية النواة
التنفس	منخفض	عال
مدة الحيوية	طويلة	قصيرة
النمو فى البيئات الصناعية	سهل	صعب
زوائد الميسم	مبتلة وبها أجزاء غير مغطاة بالكيوتيكل	جافة ومغطاة تماما بالكيوتيكل
موقع تثبيط نمو الأنابيب اللقاحية	فى القلم	على سطح الميسم
موقع ترسيب الكالوز فى حبوب اللقاح غير المتوافقة	الجدار الداخلى intine	الجدار الخارجى exine

(أ) لا تنطبق بعض من تلك المواصفات على بعض حالات عدم التوافق الـ heteromorphic، علما بأن النجيليات تظهر بها كل خصائص النظام الاسبوروفيتى، إلا أن عدم التوافق فيها من النوع الجاميطى الذى يتحكم فيه زوجان من الجينات.

وفى المقابل . فإنه إذا لامست حبة لقاح ميسمًا، وكانا (أى حبة اللقاح والميسم) مختلفين فى آليل الجين المؤثر فى حالة عدم التوافق فيهما .. فإنه لا يحدث تفاعل بين الجزئ المستقبل الموجود فى حبة اللقاح. والجزئ المؤثر الموجود فى الميسم لعدم وجود علاقة بينهما، مما يسمح بتكوين المادة المنشطة لإنبات حبوب اللقاح، وهى التى تمنع بدورها تكوين المادة المثبطة للإنبات، ويسمح ذلك بتكوين الإنزيمات اللازمة لنمو

الأنابيب اللقحية واستطالتها وتفترض هذه النظرية أن المادة المثبطة لإنبات حبوب اللقاح تتكون في البداية، إلا أن نمو الأنابيب اللقاحية يتوقف على تكون المادة المنشطة للإنبات من عدمه

ولقد أظهرت اختبارت الفصل الكهربائي للبروتينات اختلاف طرز البروتينات المعزولة من مياسم ولقاح السلالات المتوافقة ذاتيًا عن تلك التي عزلت من السلالات غير المتوافقة (Wang وآخرون ١٩٩١)

أنواع التفاعلات الفسيولوجية وطبيعتها

قد تحدث التفاعلات التي تؤدى إلى عدم التوافق بأى من الصور التالية:

التفاعل بين حبة اللقاح والميسم

يحدث التفاعل بين حبة اللقاح والميسم بعد وصول اللقاح إلى ميسم الزهرة مباشرة، مما يؤدى إلى منع إنبات حبوب اللقاح.

توجد في حالة عدم التوافق الجاميطى فروقا سيرولوجية واضحة بين حبوب اللقاح التي تختلف فيما تحمله من آليلات S، وهي فروق لم تشاهد في حالة نظام عدم التوافق الاسبوروفيتي وعمومًا فإن حبوب اللقاح في حالات عدم التوافق الجاميطى تنبت وتنمو أنبوبة اللقاح قليلًا، ثم يتوقف نموها إن لم تكن متوافقة مع التركيب الوراثي للميسم

أما في حالة عدم التوافق الاسبوروفيتي فقد لوحظ وجود فروقًا كبيرة وواضحة في أنتيجينات المياسم تعتمد على تركيبها الوراثي الخاص بعوامل S. وفي خلال دقائق قليلة من وصول حبة اللقاح إلى الميسم فإنها تفرز من جدارها الخارجي بروتينيًا أو جليكوبروتين glycoprotein يؤدى – في الحال – إلى تكوين كالوز Callose في زوائد الميسم papillae (التي تكون متصلة مباشرة مع حبة اللقاح) في المياسم غير المتوافقة معها وكثيرا ما يفرز الكالوز – كذلك – في الأنابيب اللقاحية الصغيرة المتكونة، مما يؤدى إلى توقف نموها وبذا فإن الميسم هو مكان تفاعل عدم التوافق الرئيسي في النظام الاسبوروفيتي، وما أن تعبر حبة اللقاح هذا الحاجز فإن نموها لا يتوقف بعد ذلك

وقد ثبت أن عدم التوافق الاسـبوروفيتى يتحـدد بنـوع مـن التفاعل بـين أنتيجينـات antigens توجـد فـى مياسـم الأزهـار، وأجسـام مضـادة antibodies توجـد فـى حبـوب اللقاح؛ فقد وجدت ثلاثـة أنتيجينـات مختلفـة فـى مياسـم ثلاثـة تراكيـب وراثيـة مـن الكرنب، هى: S_1S_1، و S_2S_2، و S_3S_3، كما وجدت الأنتيجينات الأبوية فـى الهجـن. S_1S_2، و S_1S_3، و S_2S_3، وأمكن تقسيم نباتات الجيل الثـانى إلى نباتـات تحتـوى علـى أنتيجـين الأب فقـط، وأخـرى تحتـوى علـى أنتيجـين الأم فقـط، وثالثـة تحتـوى علـى أنتيجينى الأب والأم معًا هذا . بينما لم يمكـن تمييـز هـذه الأنتيجينـات فـى حبـوب اللقاح، أو فى الأنسجة الأخرى للنبات (عن Wallace & Nasrallah ١٩٦٨)

ومن المعروف أن الجليكوبروتينات glycoproteins تـؤدى دورا مـهماً فـى نظـام عـدم التوافق الاسبوروفيتى، وأن زيادة معدل تمثيل الجليكوبروتينات الخاصـة بكـل آليـل S فى الميسم يتلازم مع حدوث تفاعل عدم التوافق (عن Riggs ١٩٨٨).

ولـقد اختلفت زوائد الميسم – فى كل مـن البراعم الزهريـة والأزهـار فـى *Brassica oleracea* – فى جليكوبروتين glycoprotein واحـد (Roberts وآخـرون ١٩٧٩). كذلـك أمكن التعرف على جليكوبروتين يلعب دورًا فى تفاعل عدم التوافق الجاميطى فى النـوع *Lycopersicon peruvianum* (Chung ١٩٩٧). كمـا عزلـت بروتينـات معينـة ذات وزن جزيئى منخفضة من جدر حبوب اللقاح فى النوع *B. oleracea*، يفترض أنها تلعب دور فى التفاعـل الـذى يحـدث بـين حبـوب اللقـاح ومياسـم الأزهـار بعـد التلقيـح (Ruiter وآخرون ١٩٩٧، و Dickinson وآخرون ١٩٩٨).

التفاعل بين أنبوبة اللقاح وقلم الزهرة

يحدث التفاعل فى كثير من حالات عـدم التوافـق الاسـبوروفيتى بـين أنبوبـة اللقـاح وقلم الزهرة فى التلقيحات غير المتوافقة، ويشاهد ذلك فى كل مـن الأجنـاس *Petunia*، و *Lycopersicon*، و *Lilium*، وفى الأخير يتوقف تمثيل البروتينات وعديدات التسكر فى الأنبوبة اللقاحية، مما يؤدى إلى تدهور جدرها، ثم انفجارها قبل وصولها إلى المبيض.

التفاعل بين أنبوبة اللقاح والبويضة

يحدث التفاعل بين أنبوبـة اللقـاح والبويضـة فـى الأجنـاس ذات المياسـم المجوفـة،

مثل *Lilium*، و *Ribes*، *Narcissus*. وفى النوع *Theobroma cacao* يصل الأنبوبة اللقاحية إلى البويضة ويحدث الإخصاب، ولكن الجنين يدهور ويضمحل فى المراحل الأولى من تكوينه عندما يكون النسيج غير متوافق (عن Singh ١٩٩٣).

وللاطلاع على الطبيعة الجزيئية لتفاعلات عدم التوافق بنوعيه الجاميطى والاسبوروفيتى يراجع Hiscock وآخرون (١٩٩٥).

طرق التعرف على عوامل عدم التوافق

توجد أربع طرق رئيسية للتعرف على عوامل عدم التوافق فى النباتات، هى:

١ - إجراء كل التلقيحات الممكنة بين مجموعة من السلالات التى يعرف التركيب الوراثى لبعضها، ثم تحسب عدد البذور التى تنتج من كل تلقيح، حيث تعطى التلقيحات المتوافقة عددا كبيرا، بينما تكون البذور قليلة جدًا أو معدومة – فى التلقيحات غير المتوافقة. ويستدل من ذلك على درجة القرابة الوراثية (من حيث آليلات S) بين السلالات المختلفة. كما يستدل من السلالات المعلومة التركيب الوراثى على التركيب الوراثى للسلالات المجهولة. ويعاب على هذه الطريقة أنها تتطلب فترة زمنية طويلة لإجرائها.

٢ - إجراء كل التلقيحات الممكنة - كما فى الطريقة السابقة -، ثم عمل قطاعات فى أجزاء مختلفة من أقلام الأزهار الملقحة، بعد يوم أو يومين من إجراء التلقيحات، حيث تُرى أعداد كبيرة من الأنابيب اللقاحية فى أقلام أزهار التلقيحات المتوافقة، بينما تكون الأنابيب اللقاحية قليلة جدًا أو معدومة - فى التلقيحات غير المتوافقة. ويستدل من ذلك على التركيب الوراثى للسلالات المجهولة التركيب، كما فى الطريقة السابقة. وبرغم أن هذه الطريقة سريعة، إلا أنها تتطلب جهدا كبيرا فى عمل القطاعات وفحصها (Frey ١٩٧٢).

٣ - الطريقة السيرولوجية Serological Method

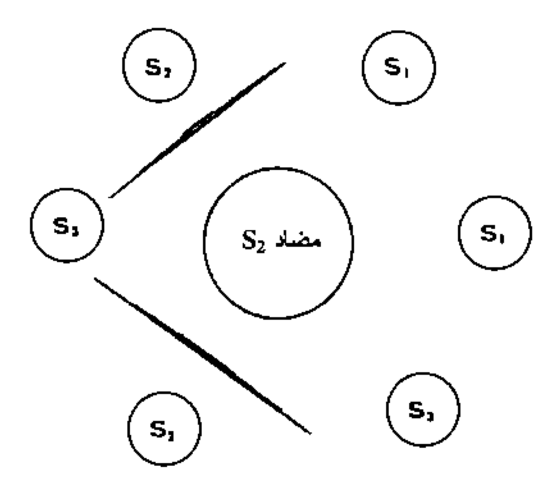
تجرى الطريقة السيرولوجية بجمع ١٠٠٠ - ٢٠٠٠ ميسم من كل من السلالات التى يراد دراسة القرابة الوراثية بينها، ويفضل أن يكون بعضها معلوم التركيب الوراثى

تهرس مياسم كل سلالة فى محلول ملحى (٨٠٠٪ كلوريد صوديــوم)، ثـم تجـرى عمليـة اسـتخلاص للأنتيجينـات الموجـودة بـها ويحقـن مسـتخلص الأنتيجينـات فـى أرانــب التجارب على مراحل، على أن يخصص أرنب لكل سلالة. ينزف جـزء مـن دم الأرنـب بعد أربعة أسابيع من بداية الحقن، ثم يحصل منه على مضاد السيرم antiserum، وهــو الذى يحتوى على الأجسام المضادة antibodies التى أفرزها الأرنب كـإجراء وقـائى ضـد الأجسام الغريبة (الأنتيجينات) التى أُدخلت فى دمه

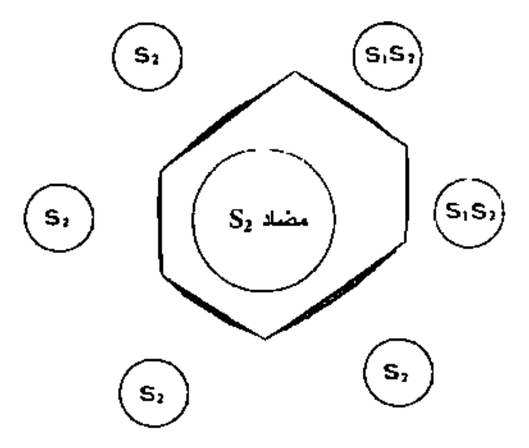
ولدراسـة العلاقـة بـين أى تركيـب وراثـى معلـوم وآخـر مجـهول .. يُجْـرى اختبـار سيرولوجى فى طبق بترى، توجد به طبقة رقيقة مــن آجـار نقـى nobel agar، بـتركيز ١٪ وتُصنع فى الآجار حفرة وسطية كبيرة فى وسط الطبق، وست حفر جانبيـة صغـيرة حوله، بواسطة ثاقبات فلين، أو بواسطة ثاقبات خاصـة لهـذا الغـرض ويوضـع ١٥٠ مل مـن مضـاد السـيرم المعلـوم فـى الحفـرة الوسـطية، ويوضـع ٠٠٣ مـل مـن كـل مـن مستخلصات الأنتيجينات المجهولة فـى الحفـر الجانبيـة يكفـى ١٠ مياسـم – فقـط – لتحضير كل من هذه المستخلصات المجهولة التركيب الوراثى

تحفظ الأطباق – بعد ذلك – فى حضان على درجة حرارة ثابتة (حوالى ٣٧°م)، حيث يلاحظ – بعد سـاعات قليلة – ظهور خط ترسيب précipitation band بين بعض الحفــر الجانبية والحفرة الوسطية. ويكون ذلك دليلا علـى اشـتراكهما فـى نفس آليـلات عـدم التوافق (شكل ٨–٢) ويكون عدم ظهور خط الترسيب بين إحدى الحفر الجانبية والحفر الوسـطية دليلاً على عدم وجود أية قرابة وراثية بينهما فى آليلات عدم التوافق، وبذا يمكن الاستدلال على التركيب الوراثى المجهول من الـتركيب الوراثـى المعلـوم، ودراسـة القرابة بينهما

هذا وتختلف خطوط الترسيب فى موقعها بين الحفــر الجانبيـة والحفـر الوسـطية باختلاف آليلات عدم التوافق، وباختلاف تركيز كل من مستخلص الأنتيجــين، ومضـاد السيرم (شكل ٨–٣). وعندما تلتحم نهايات خطوط الترسيب التــى تتكـون بـين الحفـرة الوسطية وحفر جانبية متجاورة . فإن ذلك يعد دليلاً على اشتراك الحفر الجانبيــة فـى نفس آليل – أو آليلات – عدم التوافق (شكل ٨–٤).



شكل (٨-٢): اختبار سيرولوجى تظهر فيه خطوط ترسيب بين الحفرة الوسطية التى تحتوى على مضاد السيرم S_2 والحفر الجانبية التى تحتوى على مستخلص أنتيجينات نفس العامل S_2، أما الحفر الجانبية التى تحتوى على مستخلص الأنتيجينات S_1 أو S_3 فلا تظهر خطوط ترسيب بينها وبين الحفرة الوسطية (عن Wallace & Nasrallah ١٩٦٨).



شكل (٨-٣): اختبار سيرولوجى يختلف فيه موقع خطوط الترسيب بين الحفرة الوسطية والحفر الجانبية بسبب اختلاف تركيز الأنتيجين S_2 فى الحفر الجانبية، حيث يكون التركيز أعلى فى التركيب الوراثى الأصيل عما فى التركيب الخليط S_1S_2 ينتج التركيب الأخير كلا الأنتيجينين S_1، و S_2. ينتشر أنتيجين S_2 فى الآجار من الحفر الجانبية التى تحتوى على تركيز مرتفع بسرعة أكبر، فيتقابل مع مضاد S_2 فى موقع أقرب إلى الحفرة الوسطية، مما يحدث مقابل الحفر الجانبية التى تحتوى على تركيز منخفض من الأنتيجين S_2 (التى يوجد بها تركيب وراثى خليط).

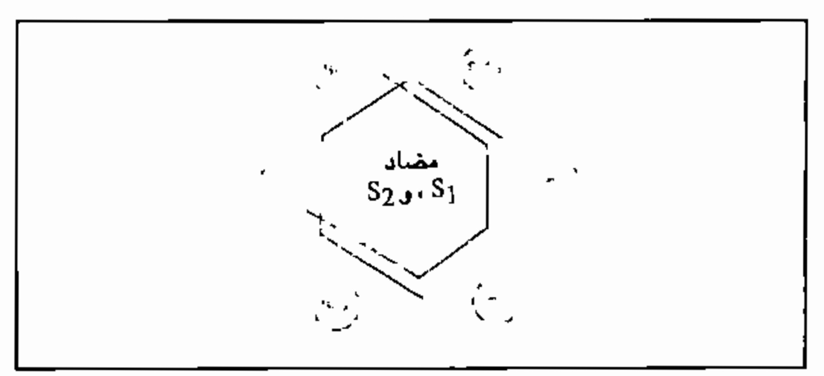
ويلاحظ أن جميع مياسم النوع لنباتي الواحد تشترك فيما بينها في عدد من الأنتيجينات الأخرى، غير تلك التي تنتجها آليلات عدم التوافق، وعليه فإن مستخلص أنتيجينات أية سلالة، يعطي خط ترسيب سميكا مع مضاد سيرم أية سلالة أخرى، وإن لم يكونا مشتركين في آليلات عدم التوافق ويظهر خط الترسيب السميك هذا – الخاص بالأنتيجنات العامة المشتركة بين جميع مياسم النوع الواحد – كدائرة بين الحفرة الوسطية والحفر الجانبية (شكل ٨-٥) ويؤدي التخلص من الأجسام المضادة لهذه الأنتيجينات من مضاد السيرم، الذي توجد به إلى اختفاء هذه الحلقة السميكة، التي تظهر في الاختبار السيرولوجي. ولا تبقى – حينئذ – إلا خطوط الترسيب الخاصة بآليلات S المشتركة (شكل ٨-٢)، وهو ما يجعل الاختبار أكثر وضوحًا. ويتم التخلص من الأجسام المضادة للأنتيجينات العامة في جميع المياسم، وذلك بخلط مضاد سيرم سلالة ما مع ضعف حجمه من مستخلص أنتيجينات مياسم سلالة أخرى، لا تشترك معها في آليلات عدم التوافق في أنبوبة اختبار، لمدة ساعة على درجة ٣٧°م، ثم يخزن المخلوط لمدة يوم في الثلاجة، وبعدها يُرشّح، ويستعمل الراشح كمضاد سيرم معامل (يسمى مضاد سيرم ممتصًا absorbed antiserum) ولمزيد من التفاصيل عن الاختبارات السيرولوجية – للتعرف على عوامل عدم التوافق – يراجع Wallace & Nasrallah (١٩٦٨)

هذا ويمكن استعمال مياسم الأزهار مباشرة، كبديل لمستخلص الأنتيجينات ويجري الاختبار بوضع ١–٣ مياسم في الحفر الجانبية وتكون خطوط الترسيب في هذه الحالة مقوسة كما في شكل (٨–٦).

٤ - طريقة الصبغ اللاصف (الفلوري) Fluorescent Staining:

تعتمد طريقة الصبغ الفلوري على إجراء كل التلقيحات المكنة بين مجموعة من السلالات التي يعرف التركيب الوراثي لبعضها، ثم تقطف الأزهار بعد يوم – أو يومين - من التلقيح، ويفصل القلم والميسم عن بقية الزهرة، ويصبغان بصبغة أزرق الأنيلين aniline blue ويهرس القلم والميسم – بعد ذلك – تحت غطاء شريحة الفحص الميكروسكوبي، ويفحصان مباشرة في ميكروسكوب، تعتمد الرؤية فيه على الأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet Microscope، حيث يحدث استشعاع لصبغة أزرق الأنيلين، التي تتجمع في حبوب اللقاح والأنابيب اللقاحية، وعليه .. فإن حبوب اللقاح والأنابيب اللقاحية تبدو واضحة، بينما تكون بقية أنسجة الميسم والقلم معتمة وكما في

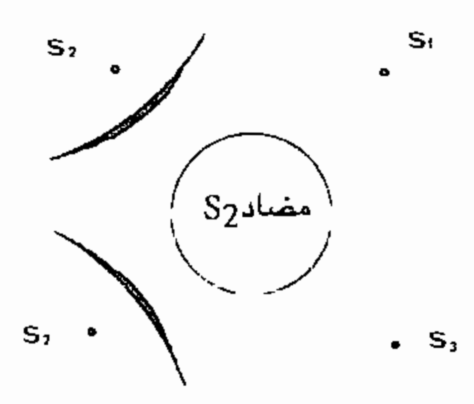
بطريقة سابقة حيث نرى أعداد كبيرة من الأنابيب اللقاحية في أقلام أزهار التلقيحات المتوافقة، بينما تكون الأنابيب اللقاحية قليلة جدًا أو معدومة في التلقيحات غير المتوافقة ويستدل من ذلك على التركيب الوراثي للسلالات المجهولة والعلاقة بين مختلف السلالات. استعمل Crehu (١٩٦٨) هذه الطريقة في دراسة عوامل عدم التوافق في كل من اللفت، والكرنب، والقنبيط وقد استعملها Hal & Verhoeven (١٩٦٨) كذلك في دراسة العلاقة بين ٦٠ سلالة مرباه تربية داخلية inbred lines من كرنب بروكسل، ويمكن خلال موسم واحد من دراسة العلاقة بين ١٥ أليلا للعامل S، وتحديد علاقة السيادة بينها، والتعرف على التركيب الوراثي لكل سلالة. هذا وتعتبر تلك هي أبسط الطرق لدراسة عوامل عدم التوافق. ولمزيد من التفاصيل عنها يراجع Dickson & Wallace (١٩٨٦).



شكل (٨-٤) اختبار سيرولوجي تلتحم فيه نهايات خطوط الترسيب التي تشترك في نفس عوامل عدم التوافق



شكل (٨-٥) اختبار سيرولوجي استعمل فيه مضاد سيرم غير مختص، نرى فيه دائرة ترسيب حول الحفرة الوسطية، تمثل التفاعل بين الانتيجينات العامة المشتركة بين جميع المياسم وأجسامها المضادة، اما خطا الترسيب الاخران الظاهران بالشكل فهما نتيجة للتفاعل بين الأنتيجين S_2 ومضاده



شكل (٨-٦): خطوط الترسيب المقوسة التى تظهر فى الاختبارات السيرولوجية التى يستعمل فيــها مياسم الأزهار مباشرة بدلاً من مستخلص الأنتيجينات.

العوامل المؤثرة على شدة حالة عدم التوافق

تتأثر حاله عدم التوافق فى النباتات بعدة عوامل؛ بعضــها وراثــى، وبعضــها بيئــى، وأهمها ما يلى:

١ - التضاعف:

لا يؤثر التضاعف - كثيرًا - على حالة عدم التوافق الاســبوروفيتى؛ لأن هــذا النظـام لعدم التوافق لا يتوقف على التركيب الوراثى لحبة اللقاح، وإنما على الــتركيب الورثــى للنبـات الـذى أنتـج حبـة اللقـاح (الطــور الاســبوروفيتى). ولا تغــير مضاعفــة عــدد الكروموسومات من طبيعة العلاقة بين آليلات عدم التوافق، فلــو كـان الـتركيب الورتــى للنبات الثنائى هو $S_1 > S_2$ فإن مضاعفــة عـدد الكروموســومات يغـيره إلى $S_1S_1S_2S_2$، ويبقى الآليل S_1 سائدًا على S_2 سواء أكان ذلك فى حبوب اللقاح، أم فى الميسم ولكـن تتعقد العلاقة - كثيرًا - بين آليلات عدم التوافق، إن كان النبات الربــاعى خليطًا فــى جميع آليلات S، كأن يكون تركيبه الوراثى $S_1S_2S_3S_4$

وفى المقابل . فإن التضــاعف يضعـف حالـة عـدم التوافـق الجـاميطى؛ لأن النبـات المتضاعف من S_1S_1 إلى $S_1S_1S_2S_2$ ينتج ثلاثة أنواع من حبوب اللقاح الثنائية هــى S_1S_1، و S_1S_2، و S_2S_2، وتكـون حبـوب اللقـاح الخليطـة (S_1S_2) قـادرة علـى النمـو علـى أى

ميسم، لأن كل آليل منهما يضعف تأثير الآليل الآخر أما حبوب اللقاح الثنائية الأصيلة فإنها تبقى كما هي، غير قادرة على الإنبات على مياسم الأزهار، التي تحمل نفس آليلات عدم التوافق

٢ - الجينات المحورة

يؤثر الجينات المحورة على التفاعلات الآليلية، وعلى شدة حالة عدم التوافق

٣ عمر الزهرة

تضعف حالة عدم التوافق فى البراعم الصغيرة، كما سبق بيانه تحت موضوع التلقيح البرعمى وتزيد حدة حالة عدم التوافق – تدريجيًا – إلى أن تصل إلى أعلى مستوى فى الوقت المناسب للتلقيح

٤ مرحلة الإزهار

وجد Johnson (١٩٧١) أن حالة عدم التوافق الذاتى فى كرنب بروكسل، تكون فى أعلى مستوياتها خلال الفترة من وسط مرحلة الإزهار إلى نهايتها.

٥ – درجة الحرارة السائدة

سبق أن أوضحنا أن خفض درجة حرارة الأزهار عند التلقيح يساعد – أحيانا – على إجراء التلقيح الذاتى للنباتات غير المتوافقة كما وجد Johnson (١٩٧١) كذلك أن رفع درجه الحرارة فى مرحلة متأخرة من الإزهار يؤدى إلى زيادة معدل التوافق الذاتى فى كرنب بروكسل، حيث صاحب ذلك زيادة فى عدد الأنابيب اللقاحية النابتة فى القلم، بعد ٢٤ ساعة من التلقيح

طرق إكثار السلالات غير المتوافقة ذاتيًا

إن الفائدة الوحيدة للسلالات غير المتوافقة ذاتيًا – بالنسبة للمربى -- هى استعمالها كآباء عند إنتاج الهجن التجارية، حيث تؤدى زراعة خطوط متجاورة من سلالتى الأبوين، إلى أن تلقح كل منهما الأخرى، لأن التلقيح الذاتى لأى منهما غير ممكن، وبذا فإن البذور التى تحصد من أية سلالة من سلالتى الآباء تكون بذورًا هجينًا

ونظرًا لأن محاولة تلقيح هذه السلالات – ذاتيًا – بصورة طبيعية لإكثارها لا يُجْـدى (لأنها لا تتلقح ذاتيًا)، لذا . اتجه التفكير نحو طرق أخرى لتحقيق ذلك، حتى يمكن المحافظة عليها وتعتمد جميع هذه الطرق على محاولـة إجـراء التلقيـح الذاتـى بطريقـة تسمح بتفادى المواد الموجودة فى الميسم، والتى تمنع إنبات حبوب اللقـاح علمـا بـأن مـا يصلح منها لمحصول ما ربما لا يصلح لمحاصيل أخرى.

ومن بين أهم الطرق المستخدمة فى إكثار السلالات غير المتوافقة ذاتيًا، مـا يلى:

١ – التلقيح البرعمى Bud Pollination.

يؤدى إجراء التلقيح فى الطور البرعمى إلى إفـلات حبـوب اللقـاح مـن المـواد المانعـة (الجليكوبروتينات) التى تتكون فى الميسم، والتى يصـل تركيزهـا إلى الـذروة فـى الوقـت المناسب للتلقيح الطبيعى. كما يسـمح التلقيح فــى هـذا الطـور بنمـو الأنـابيب اللقاحيـة، ووصولها إلى البويضة فى الوقت المناسب.

ويجرى التلقيح البرعمى فى الكرنب للبراعم التــى يبلـغ طولهـا حـوالى ٤ مـم، ويتـم بإزالة الجزء العلوى من السبلات والبتلات المحيطة بـالقلم، حتـى يظـهر الميسـم الـذى يلقح بحبوب لقاح زهرة حـــديثة التفتـح مـن النبـات نفســـه، والتـى تكـون قـد سـبقت حمايتها من التلوث بحبوب لقاح غريبة، بوضع كيس عليها قبل تفتحــها. ويكـرر ذلـك على مجموعة من البراعم المتجـاورة، ثـم تُـزال الـبراعم المجـاورة، وتكيّـس النـورة لمـدة أسبوع، لأن مياسم الأزهـار تكـون مسـتعدة لاسـتقبال حبـوب اللقـاح لـــدة ٤–٥ أيــام (عبدالعال ١٩٦٤)

كذلك أمكن التغلب على ظاهرة عدم التوافق الذاتى فى *Lycopersicon peruvianum* بإجراء التلقيح فى الطور البرعمى قبل يومين إلى ثلاثة أيام من بداية تفتــح الزهـرة، مـع توفير بديل للإفرازات الطبيعية لميسم الزهرة – والتى لا تتوفر فى ذلك الطور الـبرعمى – بوضع طبقة رقيقة من بيئة صناعية لإنبات حبوب اللقاح بـين سـطح الميسـم وطبقـة مـن زيـت معدنى تمتزج به حبوب اللقاح أدى ذلك إلى إنبـات حبـوب اللقـاح ونمـو بعضـها خلال قلم الزهرة، وحدوث الإخصاب وتكوين البذور (Gradziel & Robinson ١٩٨٩).

٢ - تأخير التلقيح مع استعمال حبوب لقاح حديثة الإنتاج.

٣ – إجراء التلقيحات فى نهاية الموسم

٤ – الاستفادة من ظاهرة التوافق الكاذب pseudo incompatibility.

تحدث نسبة قليلة جدًا من الإخصاب الذاتى فى معظم حالات عدم التوافق – خاصة الجاميطى منها – ويعرف ذلك بالإخصاب الكاذب ويمكن الاستفادة من هذه الظاهرة بإجراء التلقيح الذاتى المطلوب – يدويًا – مع نقل كمية كبيرة من حبوب اللقاح ، ولا تحدث هذه الظاهرة فى الظروف الطبيعية ، لأن ميسم الزهرة الواحدة تصل إليه حبوب لقاح متوافقة ، وأخرى غير متوافقة ، فيحدث الإخصاب – سريعا – بالحبوب المتوافقة التى تنبت فى وقت قصير، بينما لا تستطيع حبوب اللقاح غير المتوافقة منافستها فى ذلك (Williams ١٩٦٤).

٥ – الاستفادة من ظاهرة تأثر بعض حالات عدم التوافق بدرجة الحرارة:

اكتشفت – على سبيل المثال – سلالات من *Lycopersicon peruvianum* كانت متوافقة ذاتيًا على حرارة ٤٠ْم، بينما كانت عديمة التوافق فى درجات الحرارة الأقل من ذلك (Hogenboom ١٩٧٢).

٦ – الاستفادة مما يعرف بالـ mentor effects ، بخلط حبوب اللقاح غير المتوافقة بأخرى غريبة عن النوع ، أو بحبوب لقاح متوافقة ، ولكن تم إفقادها لحيويتها ، كما فى التفاح يستفاد من ذلك فى التخلص من حالة عدم التوافق الذاتى فى النظام الجاميطى (عن Hanan وآخرين ١٩٧٨)

٧ – يفيد هرس المياسم أو إزالتها – أحيانًا – فى نجاح التلقيح الذاتى فى محاصيل قليلة ، ويؤدى هذا الإجراء إلى التخلص من المواد المانعة لإنبات حبوب اللقاح التى توجد فى الميسم

٨ – تعريض قلم الزهرة لحرارة عالية بعد التلقيح الذاتى مباشرة.

يتعين عند إجراء هذه المعاملة رفع الحرارة إلى ما يزيد عن ٣٠ْم، وقد تصل إلى ٦٠ْم تفيد تلك المعاملة مع كل من نظامى عدم التوافق: الجاميطى والاسبوروفيتى ، ويبدو أن النظام الإنزيمى لخاصية عدم التوافق أشد تأثرًا بالحرارة العالية عن النظام

الإنزيمى الخاص بإنبات حبوب اللقاح ونمو أنابيبها اللقاحية (عن Richards ١٩٨٦).

٩ – خفض درجة الحرارة خلال فترة التلقيح والإخصاب:

ربما تؤدى هذه المعاملة إلى إبطاء تكوين المواد المانعة، بدرجة تسمح بنمو الأنبوبة اللقاحية، ووصولها إلى المبيض.

١٠ – تمكن Roggen & Van Dijk (١٩٧٢) من كسر حالة عدم التوافق فى كرنب بروكسل بتجريح الميسم خلال التلقيح بفرشاة، استبدل فيها الشعر بأسلاك من الصلب، يبلغ قطرها ٠,١ مم، وطولها ٤ مم. وقد أعطت هذه الطريقة نتائج قريبة من نتائج التلقيح البرعمى، فبينما أعطى كل تلقيح برعمى من ١–٣ بذور .. فإن هذه الطريقة أعطت ١,١–٦,٢ بذرة من كل تلقيح. وتتميز هذه الطريقة عن طريقة التلقيح البرعمى بإمكان تلقيح جميع الأزهار، وبذا .. يمكن الحصول على كمية أكبر من البذور من كل نبات.

١١ – تمكن Roggen وآخرون (١٩٧٢) من كسر حالة عدم التوافق فى كرنب بروكسل بتوليد جهد كهربائى قدره ١٠٠ فولت بين حبوب اللقاح والميسم فى أثناء عملية التلقيح. وقد اختلفت نتائج هذه الطريقة باختلاف شدة حالة عدم التوافق فى سلالات كرنب بروكسل، كما يلى:

أ – لم يكن للمعاملة أى تأثير فى متوسط عدد البذور من كل تلقيح فى سلالة متوافقة ذاتيًا.

ب – تضاعف عدد البذور من كل تلقيح فى سلالة ضعيفة فى حالة عدم التوافق.

جـ – تضاعف عدد البذور من كل تلقيح إلى ٣٠ مثلاً فى سلالة قوية فى حالة عدم التوافق.

د – تضاعف عدد البذور من كل تلقيح إلى ١٣١ مثلاً فى سلالة عديمة التوافق.

كما استعمل Roggen & Van Dijk (١٩٧٣) هذه الطريقة بنجاح فى إجراء التلقيح الذاتى لعدد من سلالات الكرنب، وأعطت نتائج قريبة لنتائج التلقيح البرعمى.

١٢ – معاملة الأزهار بغاز ثانى أكسيد الكربون:

درس تأثير المعاملة بغاز ثانى أكسيد الكربون، فى خمسة أصناف من الكرنب

الصينى فى معهد بحوث وتنمية الخضر الآسيوى (AVRDC ١٩٨٧). وكانت النتائج كما يلى

أ – أعْطتْ المعاملةُ بالغاز – بتركيز ٢٪ – عددًا من البذور من الأزهار المتفتحة، مماثلا للعدد الذى أمكن الحصول عليه من التلقيح البرعمى فى بعض السلالات، وكان تركيز ٣٪ لازمًا فى سلالات أخرى، ولم يكن الغاز مؤثرا فى مجموعة ثالثة من السلالات

ب – تراوحت الفترة المناسبة للمعاملة بالغاز لإحداث التأثير المطلوب بين ساعتين وثلاث ساعات فى السلالات الحساسة

جـ – كان أقوى تأثير للمعاملة بالغاز عند إجرائها بعد التلقيح مباشرة، ثم قلت الحساسية للغاز – تدريجيًا – بعد ذلك

د – ازداد عدد الأنابيب اللقاحية التى أمكن عدّها بعد التلقيح الذاتى للأزهار المتفتحة. عند المعاملة بالغاز

وفى الكاكاو *Theobroma cacao* لا يظهر تفاعل عدم التوافق – عادة – إلا بعد بداية اندماج الجاميطات فى الكيس الجنينى، هذا .. إلاّ أنه تتوفر سلالات من الكاكاو يظهر فيها تفاعل عدم التوافق فى مرحلة إنبات حبوب اللقاح، وهذا النوع يمكن التغلب عليه بزيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون حول الأزهار الملقحة ذاتيًا، وذلك بإحاطتها بقنينة زجاجية لمدة ٦ ساعات قبل التلقيح، حيث يزداد تركيز الغاز إلى حوالى ٩,٨٪ وقد حُصل بهذه الطريقة على عقد للثمار بنسبة ٤٥٪ (Aneja وآخرون ١٩٩٤)

١٣ – معاملة الأزهار بمحلول كلوريد الصوديوم

أمكن التخلص من حالة عدم التوافق فى الكرنب الصينى، برش الأزهار بمحلول كلوريد الصوديوم بتركيز ٣٪ بعد نصف ساعة إلى ساعة من التلقيح الذاتى. وقد وجد Monteiro وآخرون (١٩٨٨) أن معاملة مياسم نباتات الكرنب الصينى غير المتوافقة ذاتيًا بمحلول كلوريد الصوديوم – أدت إلى التخلص من حالة عدم التوافق، وكان أفضل تركيز هو ١٥,٠٪ مع إجراء المعاملة قبل التلقيح بنحو ١٠–١٥ دقيقة، إما باستعمال ماصة صغيرة (حيث أعطى التلقيح ٢,٨ بذرة/ثمرة)، وإما بواسطة قطعة قطن مبللة بالمحلول (حيث أعطى التلقيح ٢,٧ بذرة/ثمرة). وقد أدت المعاملة بكلوريد الصوديوم إلى زيادة

تثبيت حبوب اللقاح على الميسم، وزيادة إنباتها، وتقليل تكوين الكالوز callose على نتوءات الميسم.

كذلك أمكن التغلب على حالة عدم التوافق الذاتى بصورة تامة فى الكرنب الصينى برش الأزهار بكلوريد الصوديوم بتركيز ٣٪ فى التاسعة والنصف صباحا، ثم إجراء التلقيح فى أى وقت من اليوم بعد ذلك (Rui وآخرون ١٩٩٥) ويكفى وضع نقطة واحدة من المحلول الملحى على ميسم الزهرة للتغلب على حالة عدم التوافق فى *Brassica oleracea* (Carafa & Carratu ١٩٩٧).

وقد قارن Wilkins & Beyer (١٩٨٨) تأثير طريقتى المعاملة بغاز ثانى أكسيد الكربون، والمعاملة بكلوريد الصوديوم فى ظاهرة عدم التوافق الذاتى فى سلالة من البروكولى، وكانت النتائج كما يلى

طريقة التلقيح	عدد البذور/١٠ ثمار
المقارنة (التلقيح الذاتى)	صفر
إضافة NaCl للميسم بتركيز ٠,١٥٪ بحقنه صغيرة قبل التلقيح بـ ١٥ دقيقة	١,٤٠
إضافة NaCl للميسم بتركيز ٠,١٥٪ بقطعة قطن قبل التلقيح بـ ١٥ دقيقة	١,٠٧
المعاملة بثانى أكسيد الكربون بتركيز ٥٪ لمدة ٢٤ ساعة تبدأ بعد التلقيح	٢,٨٠
التلقيح البرعمى	٠,٤٠

١٤ – أمكن التغلب على خاصية عدم التوافق الذاتى فى الأزهار المفصولة للنبات *Lilium longiflorum* بالحقن بالكينتين بتركيز ١٠٠ أو ٢٠٠ جزء فى المليون.

١٥ – أفادت المعاملة بتركيزات منخفضة من الإنيفون فى تحفيز نمو الأنابيب اللقاحية فى الخوخ، الأمر الذى ساعد فى التغلب على حالة عدم التوافق الذاتى (عن Hanan وآخرين ١٩٧٨).

١٦ – أدت معاملة أمتعة أزهار *Brassica alboglabra* بحامض الأوكاديّك okadaic acid – بتركيز ميكرومول واحد – إلى التغلب تمامًا على حالة عدم التوافق فى إحدى

السلالات، مما يدل على اشتراك إنزيم protein phosphatase فـى تفاعل عـدم التوافـق (Scutt وآخرون ١٩٩٣)

١٧ – معاملة أزهار الأمهات بمثبطات تمثيل الرنـا RNA، مثـل الأكيتنوميسـين دى actinomycin D، و 6-methylpurine، وبمثبطات الإنزيمات، مثـل puromycin (عن Richards ١٩٨٦)

١٨ – تعريض قلم الزهرة لأشعة إكس بعد إجراء التلقيح الذاتى مباشرة

طرق إجراء التلقيحات غير المتوافقة

يمكن – فى واقع الأمر – التغلب على ظاهرة عدم التوافـق فـى التلقيحـات الخلطيـة باتباع بعض الطرق التى أسلفنا بيانها تحت موضوع "طرق إكثار السلالات غير المتوافقـة ذاتيًـا"، إلا أنـه تتبـع – عـادة – بعـض التدابير الأخـرى لتسـهيل إجـراء التلقيحـات الخلطية

ومن بين الوسائل التى تتبع لأجل تسهيل إجراء التلقيحات الخلطية، ما يلى:

١ – التلقيح المزدوج بخليط مـن حبـوب لقـاح متوافقـة مـع الأخـرى غـير المتوافقـة، أو بحبوب اللقاح غير المتوافقة، بعد فترة قصيرة من التلقيح بحبوب لقاح متوافقة

٢ – رفع درجة حـرارة متاع الزهـرة حتـى ٦٠°م كمـا فـى الأجنـاس *Trifolium*، و *Lycopersicon*، و *Brassica*، و *Oenothera* وغيرهم

وسائل التخلص من حالات عدم التوافق الذاتى

يمكـن – عنـد الضـرورة – التخلـص مـن حـالة عـدم التوافـق بإحـدى الوسـائل التالية

١ – مضاعفة عدد الكروموسـومات فـى حـالات عـدم التوافـق الجـاميطى، كمـا فـى الجنس *Solanum*

٢ – إنتاج طفرات S_f بتعريض البراعم الزهرية للأشعة المطفرة، مع استعمال حبوب

اللقاح الناتجة منها فى تلقيح الأزهار التى تعرف بحملها لأحد آليلات S. وقد تظهر آليلات S_1 كطفرات طبيعية

٣ – نقل الآليل S_1 من أصناف أو أنواع أخرى إلى الصنف المعنى بطريقة التهجين الرجعى (عن Singh ١٩٩٣).

أهمية ظاهرة عدم التوافق

تكون لظاهرة عدم التوافق أهمية كبيرة فى الحالات التالية:

١ - إنتاج الهجن التجارية

يستفاد من ظاهرة عدم التوافق فى إنتاج الهجن بإحدى طريقتين، كما يلى

أ – استعمال سلالتان غير متوافقتين ذاتيًا، ولكنهما متوافقتان خلطيًّا، حيث تكون البذور المنتجة على أى منهما بذور هجينة

ب – استعمال سلالتان تكون إحداهما خصبة ذاتيًّا والأخرى غير متوافقة، مع حصاد البذرة الهجين من السلالة غير المتوافقة ذاتيًا

كذلك يستفاد من ظاهرة عدم التوافق فى إنتاج الهجن الثلاثية والمزدوجة، وخاصة فى الصليبيات.

وقد أمكن الاستفادة من ظاهرة عدم التوافق الجاميطى – إلى حد ما – فى إنتاج البذرة الهجن فى الجنس *Trifolium*. وفى العائلة الباذنجانية لا توجد ظاهرة عدم التوافق الجاميطى سوى فى الأنواع البرية. وقد أمكن الاستفادة من ظاهرة عدم التوافق الاسبوروفيتى فى إنتاج هجن الصليبيات، وخاصة فى اليابان وفى العائلة المركبة لا توجد ظاهرة عدم التوافق الاسبوروفيتى – بوجه عام – سوى فى الأنواع البرية.

وتواجه الاستفادة من ظاهرة عدم التوافق فى إنتاج بذور الهجن المشاكل التالية:

أ – يعد إنتاج السلالات المرباة داخليًا والمحافظة عليها بالتلقيح اليدوى أمرًا مكلفًا ومرهقا

ب – يؤدى ذلك إلى زيادة تكلفة إنتاج بذور الهجن.

جـ - يؤدى استمرار التلقيح الذاتي إلى إضعاف حالة عدم التوافق الذاتى، إذ إنه يؤدى – تلقائيًا - إلى الانتخاب للخصوبة الذاتية

د - تؤدى التربيه الداخلية فى النظام الجاميطى إلى ظهور تفاعلات غير متوافقة جديدة، الأمر الذى قد يحد من فائدة استعمال تلك السلالات المرباة داخليًا كآباء فى الهجن

هـ - قد يؤدى بعض العوامل البيئية (مثل الحرارة العالية والرطوبة العاليه) إلى الغاء حالة عدم التوافق إلغاء تامًا، ما يسمح بإنتاج نسبة عالية من البذور الناتجة من التلقيح الذاتى قد تزيد عن ٣٠٪

و - يميل النحل إلى البقاء على أحد سلالتى الآباء عندما يختلفان مورفولوجيًا، الأمر الذى تزداد معه نسبة البذور الذاتية التلقيح.

ز – يعتبر نقل أحد آليلات عدم التوافق من أحد الأصناف أو الأنواع إلى صنف آخر أو نوع آخر أمرا مرهقا ومعقدا، وقد حدّ ذلك من الاستفادة من ظاهرة عدم التوافق فى إنتاج الهجن فى العائلتين الباذنجانية والمركبة (عن Singh ١٩٩٣)

٢ - المشاكل التى تسببها الظاهرة فى برامج التربية

يتطلب بعض طرق التربية إجراء التربية الداخلية لعدد من الأجيال، وهو أمر لا يمكن تحقيقه بسهولة فى حالات التوافق الذاتى وعلى الرغم من أن إجراء التلقيحات بين الأشقاء هو نوع من التربية الداخلية، إلاّ أنه يتطلب ضعف الوقت الذى يتطلبه التلقيح الذاتى للوصول إلى نفس الدرجة من التربية الداخلية كذلك تتطلب المحافظة على السلالات المرباة داخليًا تلقيحها ذاتيًا

كذلك فإن وجود حالة عدم التوافق الخلطى يعد عائقا يحول دون إجراء التلقيحات المرغوب فيها بسهولة فى برامج التربيه.

٣ - المشاكل التى تسببها الظاهرة فى الإنتاج التجارى لبعض المحاصيل

يتعين فى حالة أصناف الفاكهة غير المتوافقة ذاتيًا توفير الملقحات المتوافقة معها

حتى يمكنها الإثمار. وفى بعض الظروف البيئية قد لا يحدث التلقيح الخلطى بصورة مرضية، مما يتطلب تربية طرز خصبة ذاتيًّا من تلك الأنواع المحصولية.

الفصل التاسع

التربية الداخلية

ترتبط دراسة موضوع التربية الداخلية inbreeding بقوة الهجين hybrid vigor (موضوع الفصل التالى)، لأن الأخيرة – أى قوة الهجين تظهر – خاصة – بعد تزاوج سلالات سبق تربيتها داخليًا وتعد دراسة هذين الموضوعين مقدمة ضرورية لدراسة الأصناف الهجين والأصناف التركيبية.

يقصد بالتربية الداخلية أى نظام للتزاوج، يكون بين أفراد، تربطها صلة قرابة وبالمقارنة فإن التربية الخارجية outbreeding يقصد بها التزاوج بين أفراد تقل درجة القرابة بينها – فى المتوسط – عن متوسط درجة القرابة للعشيرة التى تنتمى إليها هذه الأفراد

ويعتبر التلقيح الذاتى أشد درجات التربية الداخلية فى النبات، بينما يعتبر التزاوج بين الأخوة الأشقاء أقوى أنواع هذه التربية فى الحيوان. وتخف حدة التربية الداخلية – تدريجيًا – بإجراء التزاوج بين نبات وآخر من نفس النسل sib-pollination، وبين نباتين من سلالتين تشتركان فى أحد الآباء، أو فى أحد الأجداد . إلخ، ويقابل ذلك فى الحيوان التزاوج بين الأخوة غير الأشقاء، والتزاوج بين الأب وابنته، وبين أبناء العمومة من الدرجة الأولى، أو من الدرجة الثانية ... إلخ وكلما زادت شدة التربية الداخلية، ظهر أثرها بعد عدد أقل من أجيال التربية.

الهدف من التربية الداخلية

تجرى التربية الداخلية على النباتات الخلطية التلقيح، لتحقيق الأغراض التالية:

١ – الحصول على سلالات صادقة التربية true breeding أصيلة وراثيًا (كما سيأتى بيانه فيما بعد) لا يتغير تركيبها الوراثى عند إكثارها، وتعطى عند تلقيحها – معًا – هجنًا، لا يتغير تركيبها الوراثى بتكرار إجراء نفس التهجين.

٢ – يستفاد من السلالات الناتجة من التربية الداخلية فى خفض نسبة الآليلات الضارة غير المرغوب فيها عند استعمالها كآباء للأصناف التركيبية، أو الأصناف الخضرية التكاثر

٣ تزيد التربيه الداخلية من الاختلافات الوراثية بين أفراد العشيرة (بين السلالات المتكونة)، ويفيد ذلك فى زيادة كفاءة عملية الانتخاب، والتحسين الوراثى المتوقع فى برامج التربية

٤ - يمكن الاستفادة من التربية الداخلية فى إنتاج أصناف جديدة من المحاصيل الخضرية التكاثر، لا تتغير خصائصها عند إكثارها بالبذرة؛ مثل صنف الخرشوف تالبايوت Talpiot الذى يكثر – تجاريًا – بالبذرة، والذى نشأ من أحد الأصناف الإيطالية، الذى أخضع للتربية الداخلية لخمسة أجيال، وعزلت منه سلالة قوية النمو، كانت هى أساس الصنف الجديد (Basnitzki & Zohary ١٩٨٧)

تأثير التربية الداخلية فى الشكل الظاهرى

تبين من نتائج عديد من الدراسات والملاحظات التى أجريت قبل بداية القرن الحالى أن التربية الداخلية فى النباتات الخلطية التلقيح – بطبيعتها – تؤدى غالبا إلى تدهور فى النمو، وأن التهجين بين الأفراد غير المتشابهة تصاحبه – غالبًا – زيادة كبيرة فى قوة النمو واستدل من ذلك على أن التربية الخارجية لابد أن يكون لها أهمية بيولوجية، خاصة أن عديدًا من الأنواع النباتية توجد بها ظواهر كثيرة تشجع على حدوث التلقيح الخلطى فيها وبالرغم من كل ذلك فقد ظل الأساس الوراثى لهذه الحقائق غير واضح إلى أن اكتشفت دراسات مندل فى عام ١٩٠٠

كانت أولى التجارب التى أجريت فى هذا المجال بعد عام ١٩٠٠ تلك التى قام بها East فى عام ١٩٠٥، و East & Jones فى عام ١٩١٩ على نبات الذرة، وهو نبات خلطى التلقيح؛ فقد تبين لهما أن الجيل الأول الناتج من التلقيح الذاتى لنبات الذرة يكون – دائمًا أقل من النبات الملقح ذاتيًا – فى الحجم والمحصول، واستمر هذا التدهور جيلا بعد آخر، إلى أن وصلت التربية الداخلية إلى الجيل السابع أو الثامن، حيث لم تتأثر صفات السلالات المرباة داخليًا، والمتكونة باستمرار التلقيح الذاتى لأكثر

من ذلك . كما أدت التربية الداخلية إلى انعزال سلالات من الذرة، اختلفت عن بعضها فى عديد من صفاتها الظاهرية، مثل قوة التفرع، وطول النبات، وموضع الكوز على النبات، وعدد الخلفات، ولون الحبوب، وحجمها .. إلخ. وأخيرًا . فإن كل سلالة احتفظت بصفاتها دون تغيير مع استمرار التربية الداخلية بعد الجيل الثامن

التدهور المصاحب للتربية الداخلية

أطلق مصطلح inbreeding depression على التدهور الذى يصاحب عملية التربية الداخلية، وأهم مظاهر هذا التدهور ضعف النمو، ونقص المحصول، وظهور صفات غير مرغوبة ويعتبر نقص الكلوروفيل أكثر هذه الصفات الضارة ظهورا، وهو يتراوح من نقص بسيط فى جزء من الورقة، إلى نقص يشمل النبات كله.

وقد عُرِّف التدهور الحادث بالتربية الداخلية فى النباتات بأنه النقص فى القدرة على البقاء وفى قوة النمو بسبب تعبير طفرات متنحية ضارة عن ذاتها بعدما أصبحت بحالة أصيلة نتيجة لحدوث التلقيح الذاتى فى أفراد خلطية بطبيعتها (عن Liedl & Anderson ١٩٩٣).

التباين بين الأنواع المحصولية فى شدة تدهورها مع التربية الداخلية

يختلف مدى الضعف فى قوة النمو المصاحب للتربية الداخلية من محصول لآخر، كما يلى.

١ – يتدهور الذرة كثيرًا بالتربية الداخلية كما أسلفنا

٢ – وعلى الرغم من ذلك فإن الذرة يعتبر أكثر تحملاً من البرسيم الحجازى، الذى تظهر به انعزالات كثيرة مميتة، وأخرى منخفضة الحيوية، لدرجة أن نسبة السلالات التى يمكن إكثارها بعد الجيل الثالث للتلقيح الذاتى تكون منخفضة، ويكون محصولها شديد الانخفاض، ويلزم – حينئذ – اتباع طرق تربية داخلية أقل حدة من التلقيح الذاتى.

٣ – تتدهور الصليبيات والجزر – بشدة – مع التربية الداخلية

٤ – يتعرض الكرات أبو شوشة – وهو نبات خلطى التلقيح رباعى التضاعف (٢ن = ٤ س = ٣٢) – للتدهور الشديد مع التربية الداخلية، حيث يصل النقص فى قوة النمو إلى ٣٥٪ بعد جيل واحد من التلقيح الذاتى، فى الوقت الذى لا تُحدث فيه التربية الداخلية زيادة ملموسة فى درجة التجانس كما تقدر بمعامل الاختلاف (Smith & Growther ١٩٩٥)

٥ – هذا بينما نجد أن البصل، وهو محصول خلطى التلقيح – يتحمل التربية الداخلية – بدرجة كبيرة - حيث لا تتأثر بعض أصنافه بالتربية الداخلية، بينما يظهر ببعضها الآخر تدهور قليل إلى متوسط مع التربية الداخلية، ولا توجد أية مشاكل فى إكثار سلالات البصل المرباة داخليًا

٦ – من الأنواع النباتية الأخرى الخلطية التلقيح التى تتحمل التربيه الداخلية بدرجه واضحه عباد الشمس، والشيلم، وعشب التيموثى timothy، حيث لا يظهر بها كثير من الانعزالات المنخفضة الحيوية مع التربية الداخلية كما أمكن الحصول على سلالات أصيلة منها بالتربية الداخليه - لم تختلف – فى قوة نموها - عن الأصناف الأصيلة المفتوحة التلقيح التى جاءت منها

٧ – وأخيرا فإن هناك من المحاصيل الخلطية التلقيح مالا تتأثر على الإطلاق بالتربية الداخلية، وتعتبر القرعيات من أهم الأمثلة على ذلك.

٨ – ومن الطبيعى أن تُلقَّح النباتات الذاتية التلقيح - بطبيعتها - تلقيحا ذاتيًّا منذ نشأتها، ودون أن يبدو عليها أى أثر ضار من جراء ذلك

التفسير الوراثى للتدهور المصاحب للتربية الداخلية وتباين شدته باختلاف الأنواع

تشكل الجينات المتنحية الضارة التى تتراكم فى النباتات الخلطية التلقيح والتى لا يظهر تأثرها بسبب وجودها فى حالة خليطة (نتيجة لاستمرار التلقيح الخلطى) تشكل ما يعرف بالعبء أو الحمل الوراثى genetic load، إذ إن تأثيرها الضار يظهر بمجرد إخضاع تلك النباتات للتلقيح الذاتى ونظرا لأن هذا العبء الوراثى لا يظهر

تأثيره الضار فى الظروف الطبيعية، فإنه يقال عن النباتات الخلطية التلقيح بأنها فى حالة من توازن الخلط الوراثى heterozygosity balance.

وفى مقابل حالة توازن الخلط الوراثى التى توجد فى عشائر النباتات الخلطية التلقيح، فإن عشائر النباتات الذاتية التلقيح توجد فى حالة تعرف بتوازن الأصالة الوراثية homozygosity balance؛ نظرًا لاستقرار أوضاعها على حالتها الأصيلة مع عدم حملها لأى أعباء وراثية؛ أى بعد ما استُبعدت منها كافة التراكيب الوراثية التى تحمل جينات متنحية ضارة فى حالة أصيلة

وجدير بالذكر أن شدة التدهور مع التربية الداخلية تتناسب طرديًا مع نسبة التلقيح الخلطى فى الأنواع المعنية؛ فنجد – على سبيل المثال – أن نسبة التلقيح الخلطى تقترب من ١٠٠٪ فى البرسيم الحجازى الذى يتدهور بشدة مع التربية الداخلية، بينما تبلغ نسبة التلقيح الخلطى حوالى ٩٠٪ فى الذرة والبصل اللذان يعانيان درجة أقل من التدهور مع التربية الداخلية. وفى المقابل .. لا يحدث تدهورًا يذكر مع التربية الداخلية فى القرعيات التى تتراوح فيها نسبة التلقيح الخلطى بين ٥٠٪، و ٧٥٪، وكذلك فى النباتات الذاتية التلقيح (عن Singh ١٩٩٣).

هذا .. ويذكر أن الأنواع المتضاعفة هجينيًّا allopolyploids لا يظهر بها تدهور شديد مع التربية الداخلية بسبب قدرتها الموروثة على تثبيت حالة الخلط الوراثى فيها. كذلك فإن النباتات المتضاعفة ذاتيًّا autopolyploids التى يحدث فيها تزاوج بين الكروموسومات المتماثلة homoeologous pairing تفقد حالة الخلط الوراثى – مع التربية الداخلية – بسرعة أُل مما يحدث فى النباتات الثنائية التضاعف (عن Liedl & Anderson ١٩٩٣).

تقدير مدى التدهور مع التربية الداخلية

يحسب التدهور المصاحب للتربية الداخلية inbreeding depression بالمعادلة التالية:

$$\text{Inbreeding Depression } (\bar{F}_1 - \bar{F}_2) / \bar{F}_1] \times 100$$

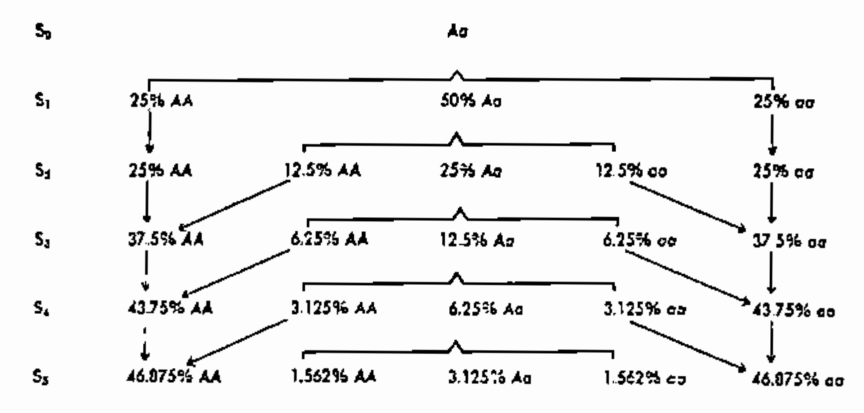
حيث F_1 ، $\bar{F}_2$ هما متوسطا الجيلين الأول والثانى على التوالى، مع العلم بأن نبتات الجيل الأول تُلقح ذاتيًا لإنتاج الجيل الثانى (عن Mather & Jinks ١٩٧٧) .

تأثير التربية الداخلية فى التركيب الوراثى

فسرت نتائج دراسات East & Jones على اعتبار أن التربية الداخلية تؤدى إلى انعزال سلالات أصيلة وراثيًا هى السلالات المرباة داخليًا inbred lines، وهى التى تتكون بنفس الطريقة التى تنشأ بها السلالات النقية pure lines، التى سبقت مناقشتها فى فصل آخر، فكلاهما ينشأ بالتلقيح الذاتى المستمر، والفرق الوحيد بينهما أن السلالات المرباة داخليًا تنشأ بالتلقيح الذاتى الصناعى فى النباتات الخلطية التلقيح بطبيعتها، بينما تنشأ السلالات النقية بالتلقيح الذاتى الطبيعى فى النباتات الذاتية التلقيح، وتكون نباتات أى من نوعى السلالات على درجة عالية جدًا (تصل إلى ١٠٠٪ فى السلالات النقية) فى كل من الأصالة الوراثية homozygosity والتجانس الوراثى homogenity

انعزال السلالات الأصيلة وراثياً مع التلقيح الذاتى المستمر

لبيان كيفية تكوين سلالات أصيلة وراثيًا بالتلقيح الذاتى المستمر نفترض وجود فرد خليط فى زوج واحد من الجينات، وليكن Aa ويمثل هذا الفرد الجيل S_0 الذى لم تخضع آباؤه للتلقيح الذاتى selfing بعد. فإذا أجرى التلقيح الذاتى لهذا الفرد فإن نسله يمثل الجيل S_1، وهو أول جيل ينتج من التلقيح الذاتى، الذى نجد فيه أن نصف الأفراد تكون خليطة Aa، بينما تكون ربع الأفراد أصيلة سائدة AA، وربعها الآخر أصيلة متنحية aa. وباستمرار التلقيح الذاتى لنباتات الجيل S1 وأجيال التلقيح الذاتى التالية (S_2، و S_3، و S_4) .. إلخ .. نلاحظ استمرار نقص نسبة الخلط (عدم التماثل) الوراثى heterozygosity بمقدار النصف، بعد كل جيل من أجيال التلقيح الذاتى، ويصاحب ذلك زيادة مستمرة فى نسبة الأصالة (التماثل) الوراثى (homozygosity) جيلا بعد جيل (شكلا ٩-١، و ٩-٢، وجدول ٩-١)



شكل (٩-١) تخطيط يبين كيف يؤدى التلقيح الذاتى المستمر إلى نقص نسبة النباتات الخليطة بمقدار النصف بعد كل جيل من أجيال التلقيح الذاتى

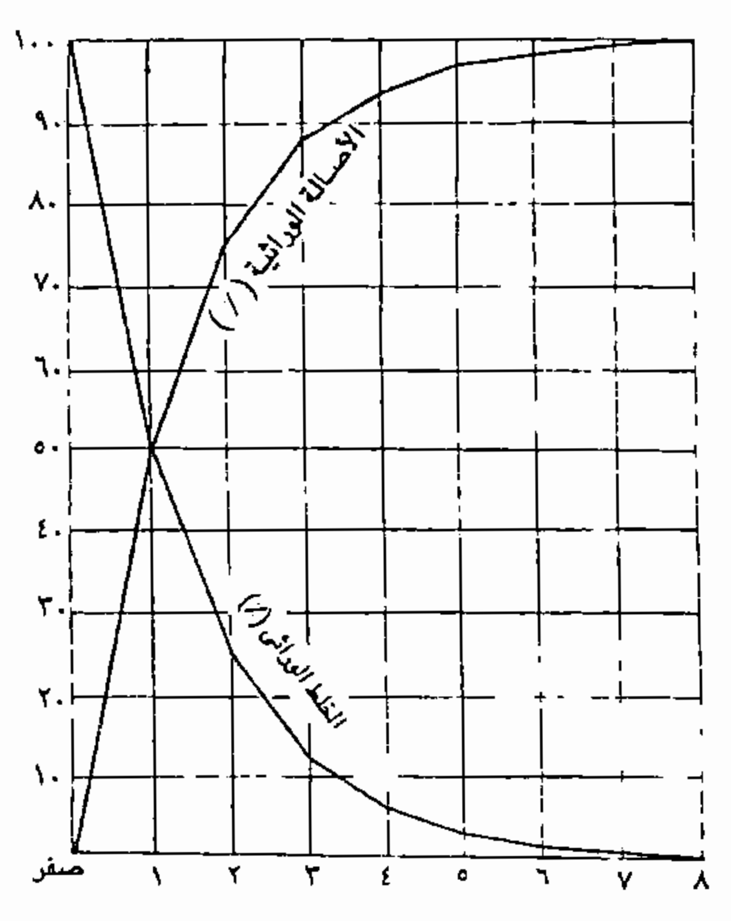
جدول (٩-١) نسبة الأفراد الأصيلة والأفراد الخليطة وراثيًا بعد التلقيح الذاتى (S) العدد من الأجيال (م=m) لفرد خليط فى عامل وراثى واحد

الجيل	التركيب الوراثى AA	Aa	Aa	الأفراد الخليطة (٪)	الأفراد الأصيلة (٪)
S_0	صفر	١	صفر	١٠٠	صفر
S_1	١/٤	١/٢	١/٤	٥٠	٥٠
S_2	٣/٨	١/٤	٣/٨	٢٥	٧٥
S_3	٧/١٦	١/٨	٧/١٦	١٢,٥	٨٧,٥
S_4	١٥/٣٢	١/١٦	١٥/٣٢	٦,٢٥	٩٣,٧٥
S_5	٣١/٦٤	١/٣٢	٣١/٦٤	٣,١٢٥	٩٦,٨٧٥
S_{10}	١٠٢٣/٢٠٤٨	١/١٠٢٤	١٠٢٣/٢٠٤٨	٠,٠٩٨	٩٩,٩٠٢
S_m	$\frac{٢^{م}-١}{٢^{م+١}}$	$\frac{١}{٢^{م}}$	$\frac{٢^{م}-١}{٢^{م+١}}$	$١٠٠ \times (١/٢)^{م}$	$١٠٠ \times [(١/٢)^{م}-١]$

ويلاحظ أن نسبة التراكيب الوراثية AA Aa aa كانت ١:٢:١، و ٣:٢:٣، و ٧:٢:٧، و ١٥:٢:١٥ فى أجيال التلقيح الذاتى: الأول، والثانى، والثالث، والرابع على التوالى، وعليه .. فإنه يمكن الحصول على نسب التراكيب الوراثية الثلاثة المتحصل عليها لأى جيل من أجيال التلقيح الذاتى من المعادلة التالية:

$$AA : Aa : aa = (٢^{م}-١) : (٢) : (٢^{م}-١)$$

حيث تمثل م عدد أجيال التلقيح الذاتى



شكل (٩-٢): التغير فى النسبى لأصالة (التماثل) الوراثية homozygosity، والخلط (عدم التماثل) الوراثى heterozygosity مع التلقيح الذاتى (عن Chaudhari ١٩٧١)

كما يمكن – أيضًا – التوصل من جدول (٩-١) إلى المعادلات التالية:

نسبة الأفراد الأصيلة السائدة (AA) فقط أو الأصيلة المتنحية (aa) فقط = $\frac{٢^ن - ١}{٢^{ن+١}}$

نسبة الأفراد الأصيلة السائدة (AA) + الأصيلة المتنحية (aa) = $\frac{٢^ن - ١}{٢^ن}$

نسبة الأفراد الخليطة = $\frac{١}{٢^ن}$

وتجدر ملاحظة أن المعادلات السابقة خاصة بالحالات التى يكون الانعزال فيها فى زوج واحد من الجينات كما يلاحظ أيضًا أن التلقيح الذاتى المستمر لم يؤد إلى أى تغير فى نسبة الآليلات، حيث بقيت كما كانت عليه فى الجيل الأول، برغم تغير نسب التراكيب الوراثية. وهذا – طبعًا – بافتراض تساوى التراكيب الوراثية المنعزلة فى درجة خصوبتها، وعدم حدوث انتخاب لصالح تراكيب وراثية معينة على حساب غيرها، وعدم حدوث طفرات فى صالح أحد الآليلين بنسبة عالية مؤثرة.

تأثير عدد أزواج العوامل الوراثية المنعزلة على سرعة الوصول إلى الأصالة الوراثية

لحساب نسبة الأفراد الأصيلة فى عواملها الوراثية بعد عدد معين من أجيال التلقيح الذاتى فى حالات الانعزال فى أكثر من زوج من الجينات .. فإنه يمكن التوصل إلى المعادلة الخاصة بذلك من جدول (٩–٢). يبين الجدول نسبة الأفراد الأصيلة – وراثيًا – بعد التلقيح لذاتى لعدد (م) من الأجيال، وفى حالات الانعزال فى (ن) من أزواج العوامل الوراثية والمعادلة المستنبطة من الجدول هى:

$$\text{نسبة الأفراد الأصيلة وراثيًا} = \left[\frac{٢^{م} - ١}{٢^{م}}\right]^{ن} \times ١٠٠$$

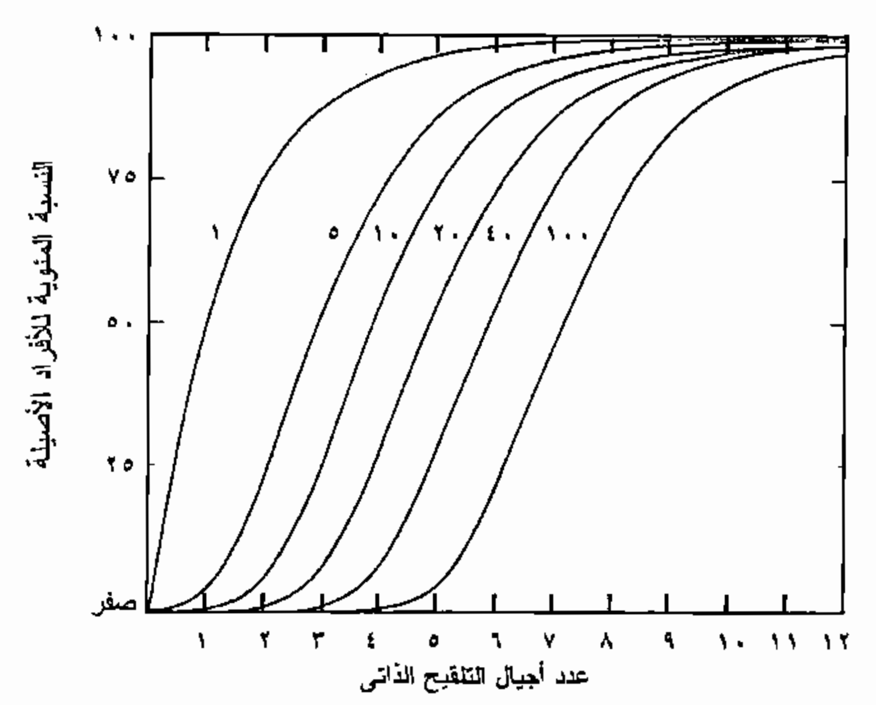
جدول (٩–٢): تأثير التلقيح الذاتى لعدد (م) من الأجيال على النسبة المئوية للأفراد الأصيلة وراثيًا عند وجود عدد (ن) من العوامل الوراثية المنعزلة.

أجيال التلقيح الذاتى S	نسبة الأفراد الأصيلة عند انعزال (ن) من العوامل الوراثية				الأفراد الأصيلة (%)
	١	٢	٣	٤	
$F_2 = S_1$	٥٠	٢٥	١٢,٥	٦,٢٥	$١٠٠ \times \left(\frac{١}{٢}\right)^{ن}$
$F_3 = S_2$	٧٥	٦,٢٥	٤٢,١٩	٣١,٦٤	$١٠٠ \times \left(\frac{٣}{٤}\right)^{ن}$
$F_4 = S_3$	٨٧,٥	٧٦,٥٦	٦٦,٩٩	٥٨,٦٢	$١٠٠ \times \left(\frac{٧}{٨}\right)^{ن}$
$F_5 = S_4$	٩٣,٧٥	٨٧,٨٩	٤٢,٤٠	٧٧,٢٥	$١٠٠ \times \left(\frac{١٥}{١٦}\right)^{ن}$
(م)	$١٠٠ \times \left(\frac{٢^{م}-١}{٢^{م}}\right)^{١}$	$١٠٠ \times \left(\frac{٢^{م}-١}{٢^{م}}\right)^{٢}$	$١٠٠ \times \left(\frac{٢^{م}-١}{٢^{م}}\right)^{٣}$	$١٠٠ \times \left(\frac{٢^{م}-١}{٢^{م}}\right)^{٤}$	$١٠٠ \times \left(\frac{٢^{م}-١}{٢^{م}}\right)^{ن}$

وتجدر ملاحظة أن (م) تمثل أيضًا رقم الجيل الانعزالى، حيث ن S_n=F_1، و F_2=S_1 (الجيل الانعزالى الأول)، و F_3=S_2 (الجيل الانعزالى الثانى) وهكذا، كما أن (ن) تمثل عدد أزواج العوامل الوراثية الخليطة فى الجيل S_0، أو هى عدد العوامل الوراثية التى يختلف فيها أبوا الجيل الأول F_1

هذا ويعاب على هذه المعادلة أنها لا تصلح للتطبيق إلا على أزواج الجينات المستقلة فى توزيعها، إذ إن نسبة الإفراد الأصيلة تتغير عند وجود ارتباط بين الجينات المنعزلة

ويتضح من جدول (٩-٢) - لدى تطبيق المعادلة المستنبطة منه - انه كلما زاد عدد العوامل الوراثية المنعزلة (ن) تأخر الوصول إلى حالة الأصاله الوراثية وبين شكل (٩-٣) سرعة الوصول إلى الأصالة الوراثية عند وجود ١، و ٥، و ١٠، و ٢٠، و ٤٠، و ١٠٠ زوج من العوامل الوراثية المنعزلة



شكل (٩-٣) سرعة الوصول الى الأصالة الوراثية homozygosity عند وجود ١، و ٥، و ١٠، و ٢٠، و ٤٠، و ١٠٠ زوج من العوامل الوراثية المنعزلة (عن Allard ١٩٦٤)

ويمكن الحصول على تفاصيل أكثر عن نسب التراكيب الوراثية المتوقعة، التى تختلف فى عدد المواقع الجينية الأصيلة أو الخليطة بها، بعد أى عدد من أجيال التلقيح الذاتى (م)، وعند اختلاف عدد العوامل الوراثية المنعزلة (ن) من مفكوك المعادلة ذات الحدين $[١+(٢^{م}-١)]^{ن}$؛ فإذا فُرض وكان عدد أزواج العوامل الوراثية المنعزلة = ٣، واستمر التلقيح الذاتى لخمسة أجيال – أى حتى الجيل السادس ($F_6=S_5$) فإن المعادلة تصبح كما يلى:

$$[١ + (٢^{٥} - ١)]^{٣}$$

$$= (١+٣١)^{٣}$$

$$= (١^{٣}) + ٣(١)^{٢}(٣١)+٣(١)(٣١)^{٢} + (٣١^{٣}).$$

ويعنى ذلك أن الجيل السادس يتكون مما يلى:

$(١^{٣})$ = فرد واحد خليط فى الأزواج الثلاثة من الجينات.

$٣(١)^{٢}(٣١)$ = ٩٣ فردًا خليطًا فى زوجين من الجينات، وأصيل فى الثالث

$٣(١)(٣١)^{٢}$ = ٢٨٨٣ فردًا خليطا فى زوج واحد من الجينات، وأصيل فى الزوجين الآخرين.

$(٣١)^{٣}$ = ٢٩٦٩١ فردًا أصيلاً فى الأزواج الثلاثة من الجينات.

هذا .. ولا تتفق النسب المحسوبة بالمعادلة مع النسب المشاهدة، إلا إذا تساوت التراكيب الوراثية فى القدرة على التكاثر، وهو الأمر الذى لا يحدث – عادة – نظرًا لأن التراكيب الوراثية الخليطة تكون أقوى نموًّا، مما يؤدى إلى إبطاء الوصول إلى التجانس الوراثى.

يتبين مما سبق أن التدهور الملاحظ فى صفات النسل الناتج من التلقيح الذاتى لأفراد خليطة فى تركيبها الوراثى هو نتيجة لحدوث الانعزال الجينى، وتكوين سلالات نقية؛ ذلك لأن الأفراد الخليطة توجد بها جينات ضارة أو مميتة متنحية، تكون مستترة؛لكونها متنحية؛ وبذلك لا يظهر أثرها المباشر فى الفرد الخليط، لوجود الآليل السائد لكن هذه الجينات تنعزل بحالة أصيلة عند إجراء التلقيح الذاتى، فيظهر – من ثمَّ – أثرها الضار ومتى انعزلت هذه الجينات، وثبتت بحالة أصيلة فى

السلالات المتكونة .. فإن التدهور المصاحب للتربية الداخلية يتوقف، كما تثبت صفات السلالات المتكونة. وهو الأمر الذى يحدث بعد ٧-٨ أجيال من التلقيح الذاتى.

تأثير الارتباط فى سرعة الوصول إلى الأصالة الوراثية

يؤثر الارتباط بين العوامل الوراثية المنعزلة على سرعة الوصول إلى حالة الأصالة الوراثية من وجهتين كما يلى

١ - يقلل الارتباط من عدد العوامل الوراثية المنعزلة (ن) فى المعادلتين السابقتين، نظرًا لأن الجينات المرتبطة بشدة تنعزل، كما لو كانت جينًا واحدا، وعليه فإن الارتباط يسرع من الوصول إلى حالة الأصالة الوراثية.

٢ - يزيد الارتباط من نسب التراكيب الوراثية المحتوية على الجينات المرتبطة على حساب نسب التراكيب الأخرى وعموما . فإن الارتباط يحافظ على التراكيب وراثية للأبوين، ويقلل من فرصة تكوين انعزالات وراثية جديدة

إن الارتباط يؤدى إلى انخفاض نسبة الأفراد الخليطة فى كل جيل دون التأثير على المستوى العام للخلط الوراثى heterozygosity فى كل موقع جينى، حيث يؤدى الارتباط إلى تقليل العدد الفعّال لأزواج العوامل الوراثية (ن) فى المعادلة (إذا إن الجينات المرتبطه بشدة تسلك كوحدة واحدة)، وبذا يؤدى إلى زيادة نسبة الأفراد الأصيلة (جدول ٩ ٣)

وبهذه الصورة . فإن الارتباط يجعل مهمة المربى صعبة، ولكنه يساعد المربى أيضا من حيث كون الارتباط يحافظ على التراكيب الوراثية المرغوب فيها فى السلالات التى ينتخبها المربى

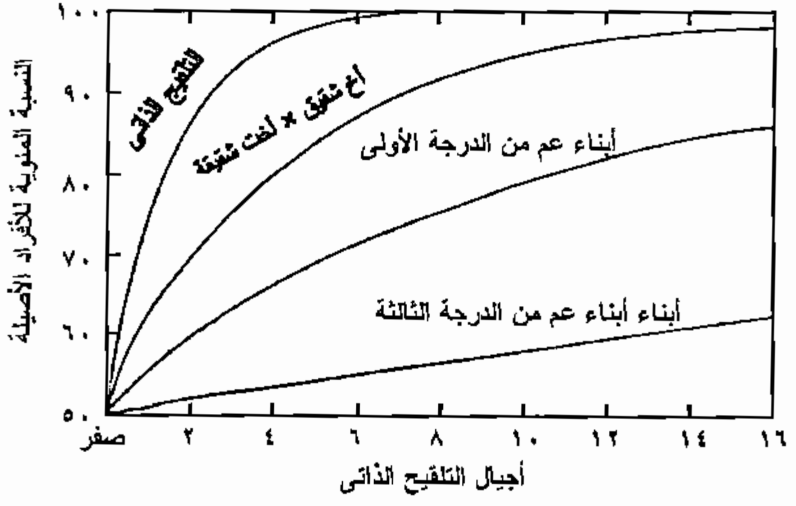
تأثير درجة التربية الداخلية على سرعة الوصول إلى الأصالة الوراثية

سبق أن أوضحنا أن التلقيح الذاتى هو أشد درجات التربية الداخلية، وأنه توجد درجات أقل من ذلك، مثل التزاوج بين نبات وآخر من نسل واحد، أو بين نباتين من سلالتين تشتركان فى أحد الآباء، أو فى أحد الأجداد .. إلخ ويستعمل فى وصف هذه التزاوجات المسميات المستعملة فى تربية الحيوان، مثل التزاوج بين الأخوة الأشقاء

والأخوة غير الأشقاء، وأبناء العم من الدرجة الأولى، وأبناء أبناء العم من الدرجة الثالثة ... إلخ ويبين شكل (٩-٤) تأثير الدرجات المختلفة من التربية الداخلية على سرعة الوصول إلى الأصالة الوراثية. فنجد - مثلا - أن كل ثلاثة أجيال من التلقيح الذاتى تعادل ١٠ أجيال من تلقيح الأخوة الأشقاء (التلقيح بين نبات وآخر من نسل واحد)، ولكن جميع الطرق تؤدى - فى نهاية الأمر - إلى الأصالة الوراثية بنسبة ١٠٠٪

جدول (٩-٣) نسبة الأفراد الأصيلة وراثيًا فى حالتى الانعزال الحر والارتباط بين زوجين من الجينات يوجد بينهما عبور بنسبة ٣٠٪ بعد جيل واحد من التلقيح الذاتى.

الأفراد الأصيلة	نسبة الأفراد الأصيلة	
	الارتباط	الانعزال الحر
AB/AB	٠,٣٥ × ٠,٣٥ = ٠,١٢٢٥	٠,٢٥ × ٠,٢٥ = ٠,٠٦٢٥
ab/ab	٠,٣٥ × ٠,٣٥ = ٠,١٢٢٥	٠,٢٥ × ٠,٢٥ = ٠,٠٦٢٥
Ab/Ab	٠,١٥ × ٠,١٥ = ٠,٠٢٢٥	٠,٢٥ × ٠,٢٥ = ٠,٠٦٢٥
aB/ab	٠,١٥ × ٠,١٥ = ٠,٠٢٢٥	٠,٢٥ × ٠,٢٥ = ٠,٠٦٢٥
المجموع	٠,٢٩	٠,٢٥

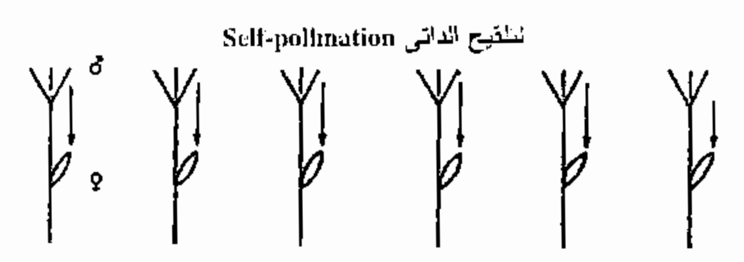


شكل (٩-٤): تأثير الدرجات المختلفة من التربية الداخلية فى سرعة الوصول إلى الأصالة الوراثية.

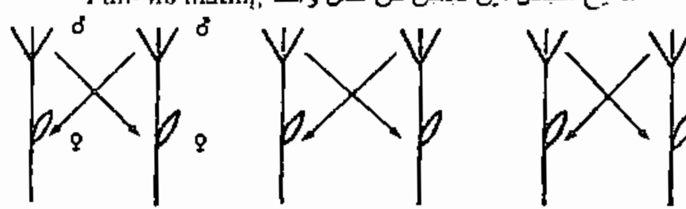
أما شكل (٩-٥) فإن يبين كيفية إجراء بعض طرق التربية الداخلية فى النباتات، مع استعمال الذرة (وهو نبات وحيد الجنس، وحيد المسكن) كمثال والطرق المبينة فى

لشكل هي التلقيح الذاتي، والتلقيح متبادل بين نباتين من نسل واحد full sib mating، وتلقيح جميع النباتات بحبوب لقاح مخلوطة معا ومجموعة من نفس النباتات half-sib mating، وتلقيح جميع النباتات بحبوب لقاح من الأب رجعي backcrossing.

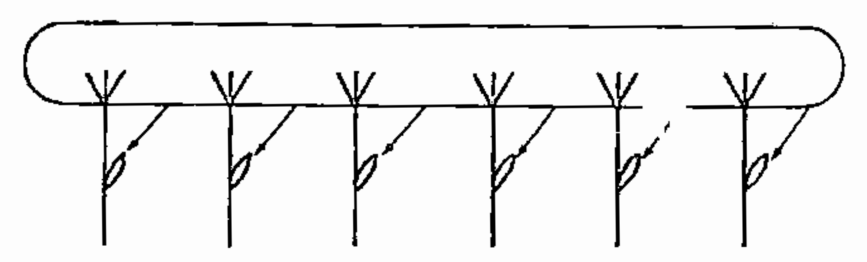
التلقيح الذاتي Self-pollination



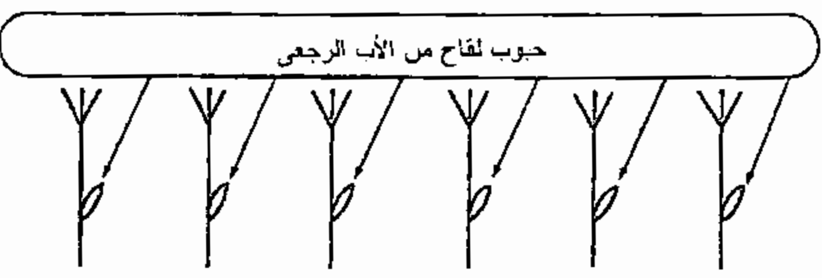
تلقيح متبادل بين نباتين من نسل واحد Full-Sib mating



تلقيح جميع النباتات بحبوب لقاح مخلوطة من نفس النباتات Half-Sib mating



التلقيح الرجعي Backcrossing



شكل ٩-٥ : كيفية إجراء بعض طرق التربية الداخلية في النباتات مع ... (عن Fehr ١٩٨٧)

الفصل العاشر

قــوة الهجيــن

تحدث قوة الهجين hybrid vigor (= heterosis) عند تلقيح نباتات من نوع واحــد، تختلف عن بعضها وراثيًا، ويكون ارتباطها الوراثى (من حيث صلة النسب بينها) قليــلاً أو معدومًا. وبرغم أن الزيادة فى قوة النمو تعــد مــن أبــرز مظــاهر قــوة الهجــين إلا أن مصطلح قوة الهجين أوسع من هذا، حيث يتضمن – أيضًا – أية زيادة فــى المحصــول، وفى صفات الجودة الاقتصادية، ومقاومة الآفات، والتأقلم على الظروف البيئيــة الســائدة إلخ

ولا يشترط لظهور قوة الهجين أن تكون آباء الســلالات المستعملة فــى إنتــاج الهجــن ضعيفة النمو، أو تعانى التدهور المصاحب للتربية الداخلية؛ فهى – أى قــوة الهجــين – تظهر فى معظــم أنــواع النباتــات، بمــا فــى ذلــك النباتــات الذاتيــة التلقيــح، والنباتــات الخلطية التلقيح التى لا تضار بالتربية الداخلية. وقد وجــدت قــوة الهجــين فــى جميــع النباتات التى درست فيها هذه الظاهرة

وبالمقارنة بقوة الهجين، أُطلق مصطلح وفرة النمــو luxuriance لوصــف الزيــادة التــى تحدث فى الحجم وقوة النمو فى الهجن النوعية. ويظهر الفرق الرئيسى بين قوة الهجين ووفرة النمو فــى القــدرة التكاثريــة للــهجين؛ فبينمــا تصــاحب قــوة الهجــين زيــاده فــى الخصوبة، فإن وفرة النمو التى تظهر فى الهجن النوعية تكون مصــاحبة – عادة - بالعقم أو بتدن فى الخصوبة.

مظاهر قوة الهجين

تظهر قوة الهجين – عادة – على واحدة أو أكثر من الصور التالية:

١ – زيادة فى المحصول

٢ – زيادة فى القدرة التكاثرية، سواء أكان التكاثر جنسيًا أم خضريًا

٣ – زيادة فى الحجم وقوة النمو

٤ تحسن فى صفات الجودة

٥ - تبكير فى الإزهار والنضج

٦ – قدرة أكبر على مقاومة لأمراض والآفات

٧ – زيادة فى القدرة على التأقلم

٨ زيادة فى معدل النمو

٩ - زيادة فى عدد الأجزاء – أو الأعضاء – النباتية. مثل العقد والأوراق إلخ

هذا ويتعين التفريق بين قوة الهجين من جهة، وبين كل من غياب السيادة، والسيادة الجزئية، والسيادة التامة من جهة أخرى، الأمر الذى تتبين فحواه من المثال الافتراضى المقدم فى جدول (١٠–١).

جدول (١٠–١) قوة الهجين والسيادة وعلاقتهما بقيم الآباء (عن Singh ١٩٩٣)

وضع الآباء ومتوسط قيمهم	متوسط قيمة الجيل الأول الهجين	الظاهرة
	أكثر من ١٠	قوة هجين heterosis
الأب (أ) وقيمته ١٠	١٠	سيادة تامة complete dominance
	أقل من ١٠ ولكن أكثر من ٨	سيادة جزئية partial dominance
متوسط قيمتا الأبوين ٨	٨	غياب السيادة no dominance
	أقل من ٨ ولكن أكثر من ٦	سيادة جزئية partial dominance
الأب (ب) وقيمته ٦	٦	سيادة تامة complete dominance
	أقل من ٦	قوة هجين heterosis

أنواع قوة الهجين وطرق تقديرها

أيًّ كانت الصفة التى تظهر عليها قوة الهجين، فإنها يمكن أن تأخذ أحد ثلاث صور، تختلف فى طريقة تقديرها، كما يلى:

١ – قوة الهجين (h) النسبية relative heterosis:

تقدر قوة الهجين النسبية كنسبة مئوية من الفرق بين الجيل الأول ومتوسط الصفة فى الأبوين كما يلى

$$\text{Mid-parent heterosis } \frac{\bar{F}_1 - MP}{MP} \times 100$$

حيث MP هى المتوسط الحسابى للأبوين أى $\frac{\bar{P}_1 + \bar{P}_2}{2}$

٢ – الـ Heterobeltiosis:

الـ heterobeltiosis هى قوة الهجين مقدرة نسبة إلى الأب الأعلى فى الصفة المعنية. وتلك هى قوة الهجين التى يكون لها جدوى اقتصادية، ويكون تقديرها كما يلى:

$$\text{High-parent Heterosis} = \frac{\bar{F}_1 - \overline{HP}}{\overline{HP}} \times 100$$

حيث $\overline{HP}$ هى متوسط الصفة فى الأب الأعلى أو الأفضل high parent فى هذه الصفة (Sinha & Khanna ١٩٧٥).

٣ – قوة الهجين القياسية standard heterosis

تقدر قوة الهجين القياسية بالنسبه لهجين أو صنفى قياسى standard variety (SV)، كما يلى (عن Agrawal ١٩٩٨).

$$h: [(\bar{F}_1 - \overline{SV}) / \overline{SV}] \times 100$$

وقد قُدِّمتْ نظريتان أساسيتان لتفسير قوة الهجين، هما نظرية السيادة الفائقة ونظرية السيادة

نظرية السيادة الفائقة لتفسير قوة الهجين

تقدم كل من Shull، و East على انفراد فى عام ١٩٠٨ – بنظرية السيادة الفائقة Over Dominance Hypothesis لتفسير ظاهرة قوة الهجين، وهى تفترض أن الفرد الهجين يكون خليطا، وأن حالة الخلط (عدم التماثل) الوراثى تزيد من النشاط الفسيولوجى للنبات، مما يؤدى إلى ظهور قوة الهجين وتبعًا لهذه النظرية فإن الفرد الخليط يفوق كلا من التركيبين الوراثيين الأصليين. ويفترض East وجود سلسلة من الآليلات لكل جين مثل A_1، و A_2، و A_3 .. إلخ، يزداد فيها الاختلاف بين كل آليلين، بزيادة المسافة بينهما فى السلسلة، وأن قوة الهجين تزداد كلما زاد الاختلاف

بين الآليلين المتجمعين في التركيب الوراثي، فمثلاً تقل قوة الهجين في الفرد A_1A_7 عما في الفرد A_1A_1، وهو الذي تقل فيه قوة الهجين كذلك عما في الفرد A_1A_4 وهكذا، وهو ما يعني وجود درجات مختلفة من السيادة الفائقة، تبعا للآليلات التي تدخل في التركيب الوراثي

وقد ذكرت أربعة أسس يمكن أن تبنى عليها - وتفسر بها - نظرية السيادة الفائقة، وهي كما يلي (عن Brewbaker ١٩٦٤)

١ - التفاعل الآليلي المكمل Supplementary Allelic Interaction

تبعًا لهذا التفسير فإن أحد التركيبين الوراثيين الأصيلين - وليكن A_1A_1 يكون قادرا على إنتاج المادة X، ويكون التركيب الوراثي الأصيل الآخر A_2A_2 قادرا على إنتاج المادة Y، بينما يكون الهجين A_1A_2 قادرا على إنتاج كل من المادتين X، و Y، ومن أمثلة ذلك حالات المقاومة لسلالات مختلفة من بعض مسببات الأمراض، مثل المقاومة للفطر المسبب لمرض الصدأ في الكتان، حيث تتحكم الآليلات المختلفة لبعض الجينات المسئولة عن المقاومة في المقاومة لسلالات مختلفه من الفطر، وبذا يصبح التركيب الوراثي الخليط مقاوما لسلالتين من الفطر، بدلاً من سلالة واحدة، كما في أي من التركيبين الوراثيين الأصليين

٢ - القدرة على تمثيل المركبات الضرورية في ظروف بيئية متباينة Alternate Synthetic Pathways

تبعا لهذا التفسير فإن أحد التركيبين الوراثيين الأصليين - وليكن A_1A_1 يكون قادرا على إنتاج المادة الضرورية للنمو الجيد X في ظروف بيئية معينة، ويكون التركيب الوراثي الأصيل الآخر A_2A_2 قادرا على إنتاج نفس المادة في ظروف بيئيه أخرى، بينما يكون التركيب الوراثي الخليط A_1A_2 قادرا على إنتاج هذه المادة الضروريه للنمو في كلتا البيئتين ومما يدل على صحه هذا التفسير أن التباين البيئي V_1 يكون أقل بكثير في الهجن عما في السلالات المرباة داخليًا المستعملة في إنتاجها

٣ - القدرة على تمثيل التركيز المثالي من المركبات الضرورية Optimum Amount Concept

تبعًا لهذا التفسير فإن أحد التركيبين الوراثيين الأصيلين – وليكن A_1A_1 – يكــون قادرًا على إنتاج تركيز منخفض مما يلزم من مادة ضروريــة X ويكــون التركيب الوراثــى الأصيل الآخر A_2A_2 قادرا على إنتاج تركيز أعلى مما يلزم من نفس المــادة، بينمــا يكــون التركيب الوراثى الخليط A_1A_2 قادرًا على إنتاج التركيز المثالى من هذه المادة

٤ – القدرة على تمثيل المواد الهجين Synthesis of Hybrid Substances:

تبعًا لهذا التفسير . فإن أحد التركيبين الوراثيــين الأصيلــين – وليكــن A_1A_1 يكــون قادرا على إنتاج مادة ضرورية X، وبكون التركيب الوراثــى الأصيــل الآخــر A_2A_2 قــادرا على إنتاج مادة ضرورية أخرى Y، بينما يكون الهجــين A_1A_2 قــادرًا علــى إنتــاج مــادة أكثر تحفيزًا للنمو هى Z.

نظرية السيادة لتفسير قوة الهجين

تقدم بنظرية السيادة Dominance Hypothesis لتفسير قوة الهجين كل مــن Bruce، و Keeble & Pellow فى عام ١٩١٠ كل على انفراد تفترض هذه النظرية أن النقص فى قوة النمو المصاحب للتربية الداخلية يظهر بسبب انعزال جينات متنحيــة ضــارة بحالــة أصيلة، يظهر تأثيرها فى الأفراد الأصيلة. فتؤدى إلى ضعــف نموهــا، وقلــة حيويتــها، وعندما تهجن السلالات الأصيلة معــا فــإن تأثــير الجينــات المتنحيــة الضــارة يختفــى تحت تأثير جينات أخرى سائدة غير ضارة، فتظهر بذلــك قــوة الهجــين، ويعنــى ذلــك وجود درجات مختلفة من التآلف Combining Ability بين السلالات المهجنــة؛ حيــث تزداد قوة الهجين كلما تجمع فى الجيل الأول الهجين أكبر عدد من الجينات الســائدة ولا يتحقق ذلك إلا إذا كانت السلالات المهجنة مختلفة أصلا فى أكبر عدد من الجينات السائدة التى توجد فى كل منها وتزيد القدرة علــى التآلف بــين الســلالات كلمــا ازداد الاختلاف بينها فى هذه الجينات السائدة.

تــأخذ نظريــة الســيادة - فــى الحســبان – احتمــال حــدوث تفــاعلات غــير آليليــة nonallelic interactions يمكن أن تساعد على التغلب على مشــاكل أيضيــة معينــة؛ فلــو فرض أن كان الجينان A_1، و B_1 ضروريين لإتمــام تفــاعل حيــوى معــين، فــإن أيًّــا مــن التركيبين الوراثيين A_1A_1 B_2B_2، و B_1B_1 A_2A_2 لا يمكنــه إكمــال هــذا التفــاعل، بينمــا

تستطيع ذلك الهجين الناتج منهما، الذى يكون تركيبه الوراثى $A_1A_2B_1B_2$ أى إن قوة الهجين تظهر – تلقائيًا – فى الهجين؛ نتيجة للتغلب على مصادر الضعف الموجوده فى السلالات الداخلة فى إنتاج هذه الهجن.

وكمثال على ذلك وجد أن معدل نمو جذور الطماطم (الجذور المفصولة عن النباتات excised roots) فى البيئات المغذية يتوقف على التركيب الوراثى للنبات، فبينما نمت جذور الطماطم البرية *Lycopersicon pimpinellifolium* فى البيئات التى أضيف إليها الفيتامين بيرودوكس Pyrodoxin فإن جذور صنف الطماطم جوهانسفير Johannesfeuer نمت ببطء فى البيئة المغذية، وازداد نموها عندما زودت البيئات بالفيتامين نيكوتيناميد Nicotinamide، ولم تتأثر بإضافة البيرودوكس. هذا بينما نمت جذور الهجين بينهما فى البيئة المغذية بصورة عادية ولم يتأثر نموها بإضافة أى من الفيتامينين؛ ويعنى ذلك أن الهجين ظهرت فيه قوة الهجين، التى تمثلت فى قدرة الجذور المفصولة على النمو الجيد فى البيئة الصناعية؛ نتيجة لاحتوائه على عوامل وراثية غير أليلية، حصل عليها من الأبوين، وتفاعلت – معا – لتعطى نموًا جذريًا أفضل.

وقد ظهر اعتراضان على نظرية السيادة، أمكن الرد عليهما، وهما كما يلى:

١ – وجد أن توزيع قوة النمو – فى نباتات الجيل الثانى للجيل الأول الهجين يكون منتظما وطبيعيًا symmetrical دائما، بينما المفروض – حسب نظرية السيادة – أن يميل التوزيع إلى جانب الصفة السائدة؛ فلو فرض وجود سيادة فى خمسة مواقع جينية فإن التوزيع المتوقع للأشكال المظهرية فى الجيل الثانى يكون كما يلى: ٠.١٪ ، ١.٥٪ ، ٨.٨٪ ، ٢٦.٤٪ ، ٣٩.٥٪ ، ٢٣.٧٪؛ أى يتوقع أن يكون التوزيع غير منتظم assymetrical، وهو الأمر الذى لم يمكن ملاحظته أبدا.

وقد أمكن الرد على هذا الاعتراض على أساس أن ميل التوزيع إلى جانب الصفة السائدة يقل كثيرا بفعل العوامل التالية:

أ – تأثير العوامل البيئية على الصفة.

ب – وجود حالات السيادة الجزئية.

جـ – زيادة عدد الجينات التى تؤثر فى صفة قوة الهجين، خاصة .. صفة المحصول.

د – الارتباط بين الجينات، خاصة أن كثرة عدد الجينات التى تتحكم فى قوة الهجين تعنى احتمال وجود أعداد من الجينات ترتبط – معًا – على كروموسومات مختلفة. ويمنع الارتباطُ الانعزالَ الحر للجينات، ويؤدى ارتباط جينات ذات تأثير إيجابى على قوة النمو مع جينات أخرى ذات تأثير سلبى إلى تقليل فرصة انعزال كل الجينات السائدة معًا.

٢ – تبعًا لنظرية السيادة .. فإن من المفروض أن تكون بعض السلالات المرباة – داخليًا – على نفس درجة قوة نمو نباتات الجيل الأول الهجين – أو أعلى منها – إلاَّ أن ذلك الأمر لم يلاحظ أبدًا.

وقد كان الرد على هذا الاعتراض هو صعوبة – بل استحالة – العثور على النبات الذى تتجمع فيه العوامل الوراثية السائدة، نظرًا لكثرة العوامل الوراثية التى تتحكم فى صفات قوة الهجين، خاصة صفة المحصول، فلو أن صفة المحصول فى الذرة – مثلاً – يتحكم فيها ٣٠ جينًا – وهو تقدير معقول – للزمتْ زراعة مساحة من الذرة تعادل مساحة الكرة الأرضية ٢٠٠٠ مرة؛ لكى يمكن العثور على نبات واحد أصيل سائد فى الجيل الثانى يتساوى فى المحصول مع الجيل الأول الهجين. كما أوضح Jones أن الارتباط بين الجينات المفيدة والجينات الضارة – والتى يكون بعضها سائدا والبعض الآخر متنحيًا – يجعل من الصعب العثور على السلالة الأصيلة فى جميع العوامل الوراثية السائدة، لما يتطلبه ذلك من حدوث عبور فى مناطق كثيرة معينة من الكروموسومات.

هذا ويذكر Crow (٢٠٠٠) أن معظم التحسن فى محصول الهجن يرجع إلى كل من التأثير الإضافى وتأثير السيادة، إلى جانب احتمال حصول أكثر الهجن تميزًا على جانب صغير – فقط – من ذلك التميز بسبب ما تحتويه من تأثيرات السيادة الفائقة والتفوق. وقد حدا ذلك به إلى الاعتقاد بأن نظرية السيادة – كما وضعت فى عشرينيات القرن العشرين – هى النظرية المقبولة حاليًا لتفسير قوة الهجين.

ولمزيد من التفصيل عن التسلسل التاريخي للنظريات التي وضعت لتفسير قوة الهجين يرجع Crow (٢٠٠٠).

الأساس الفسيولوجية لقوة الهجين

لقد شرح في محاولة لتفسير قوة الهجين أن النمو والمحصول هما المحصلة النهائية لسلسلة من التفاعلات الكيميائية الحيوية التي يتحكم في كل منها إنزيم واحد أو أكثر من إنزيم. وأن قوة الهجين ترتبط بمبدأ التوازن الأيضي metabolic balance concept. ويتطلب هذا التوازن التنسيق بين كل التفاعلات والأنظمة لأجل زيادة كفاءة النمو في أي ظروف بيئية محددة. وتبعا لهذا المبدأ فإن السلالات المرباة داخليًا لا تكون متوازنة أيضيًا، حيث تعمل بعض إنزيماتها عند مستوى عال أو متوسط، بينما يعمل بعضها الآخر عند مستوى منخفض وغير فعال، الأمر الذي يجعلها محددة للأيض، بما ينعكس سلبا على النمو النباتي. وتختلف السلالات في الإنزيمات (أو المواقع الجينية) التي تكون محددة للنمو. وبالاختيار المناسب للسلالات المرباة داخليا التي تدخل في إنتاج الهجن فإن التراكيب الوراثية الخليطة الناتجة يمكن أن تكون أصيلة في المواقع الجينية (الإنزيمات) المحددة للنمو، ومن ثم فإنها تكون متوازنة أيضيًا. ويعد ذلك المبدأ شبيها بمبدأ العامل المحدد limiting factor concept في الفسيولوجي.

ومن أهم خصائص مبدأ التوازن الأيضي، ما يلي:

١ - في أي لحظة من حياة أي كائن حيّ - حتى أقواها نموًا - فإن عملياته الفسيولوجية يتحدد معدلها بالعوامل المحددة لكل منها.

٢ - تنتج المحددات الفسيولوجية في أي لحظة من التفاعل بين الموقع الجيني المحدد مع باقي التركيب الوراثي للكائن، ومع العوامل البيئية المتوفرة في ذات اللحظة.

٣ - يمكن تحجيم المحددات الفسيولوجية أو التخلص منها بتصحيح العامل البيئي المؤثر فيها.

٤ - كذلك يمكن تحجيم المحددات الفسيولوجية بإحلال أليل آخر أكثر كفاءة في الموقع الجيني المحدد، وذلك بافتراض توفره.

٥ – يسمح تحجيم المحددات الفسيولوجية (بتصحيح العامل البيئى المؤثر فيـها، أو بإحلال آليل آخر محل الآليـل الموجـود فـى العـامل الجينـى المحـدد) يسـمح ذلـك بحدوث زيادة فى معدل العمليات الفسيولوجية. وقد تكون هذه الزيادة صغيرة أو كبيرة، وهو أمر يتوقف على متى يصبح عامل آخر محددًا. وبينما قد يعطـى إحـلال آليـل أكـثر كفاءة محل الآليل المحدد فى نفس التركيب الوراثى – وزراعته نفس الظروف البيئية قد يعطى تأثيرًا كبيرًا، فإن إحلال ذات الآليل فى تركيب وراثى آخر وزراعته فى نفـس الظروف البيئية أو فى ظروف مختلفة قد يعطى تأثيرًا بسيطًا، وقد لا يعطى أى تأثير.

٦ – إن الفرق بين أضعف السلالات وأقوى الهجن هو فى شدة أو درجة المحـددات الفسيولوجية

٧ – يعتمد نجاح إنتاج الـراكيب الوراثيـة المتفوقـة علـى قـدرة المربـى علـى إحـلال الآليلات الأكثر كفاءة فى المواقع الجينية المحددة، على ألاّ يؤدى ذلك إلى ظهور مواقـع محددة جديدة، أو زيادة شدة التأثير المحـدد للمواقـع الأخـرى (عـن Rhodes وآخريـن ١٩٩٢).

ولمزيد من التفاصيل عن الأساس الفسيولوجى، والكيميـائى الحيـوى، والوراثـى لقـوة الهجين . يراجع Sinha & Khanna (١٩٧٥)، و Sneep & Hendrkisen (١٩٧٩)، و Rhodes وآخرون (١٩٩٢)

اختبارات التنبؤ بقوة الهجين

نشاط الميتوكوندريا

ربط بعضُ الباحثين بين نشاط الميتوكوندريا وقوة الهجين، فوجد – مثـلاً – أن خلـط الميتوكوندريا الأبوية لتسعة هجن من القمح (أى خلط ميتوكوندريا أبوى كل هجـين معـا) يجعل نشاط المخلوط متوافقًا مع قوة الهجـين الناتجـة مـن تـهجين الأبويـن، ولا يكـون نشاط المخلوط وسطًا بين نشاط ميتوكوندريا كل مـن الأبويـن علـى حـدة، وعليـه .. فقد اقـترح اسـتخدام هـذا الاختبـار – وهـو الـذى يعـرف باختبـار Mitochondria Camplementation – فى التنبؤ بالتهجينات التى يمكن أن تعطى قـوة هجـين عاليـة، إلاّ أن هذا الاختبار لم يكن ذا فائدة فى حالات أخـرى، حيث لم يمكـن اسـتخدامه –

مثلا في التنبؤ بقوة الهجين (متمثلة في وزن الجذور) في بنجر السكر (Doney وآخرون ١٩٧٥)

اختبار الـ RFLP

قد يكون لاختبر RFLP الذى يستخدم في تقدير درجة التنوع أو "المسافة" بين سلالات الآباء المرباة داخليًا – قد يكون له أهمية كبيرة في التنبؤ بأداء الهجين؛ فلقد وجد ارتباط عال (r^2 =٠.٨٧) بين المسافات الوراثية genetic distances بالاعتماد على نتائج الـ RFLP – ومحصول الحبوب، وذلك من واقع دراسة أجريت على ٣٧ سلالة مرباة داخليًا من الذرة تمثل مدى واسعًا من السلالات المتميزة القريبة من بعضها البعض وغير القريبة، واستعمل فيها ٢٥٧ من الـ probe restriction enzyme combinations (عن Rhodes وآخرين ١٩٩٢)

الفصل الحادى عشر

الثروة الوراثية النباتية والجيرمبلازم وأهميتهما

يعنى بالثروة الوراثية النباتية genetic plant resources كل ما يتوفر لدى الإنسان من مصادر وراثية نباتية متنوعة، سواء أكانت على صورة جينات، أم سلالات، أم أصناف، أم أنواع، وسواء أكان توفرها فى أماكن تاجدها فى الطبيعة، أم فى بنوك خاصة، تعرف باسم بنوك الجيرمبلازم germplasm banks.

وقد سبق أن عرفنا الجيرمبلازم germplasm بأنه: أى مصدر لصفة معينة، أو لمجموعة من الصفات الوراثية المحددة، ويتسع استعمال المصطلح ليشمل عشرات الآلاف من السلالات والأصناف المعروفة من محصول معين.

ويعدُ حصر جيرمبلازم الأنواع النباتية من المناطق الجغرافية التى تكثر فيها الاختلافات الوراثية، وتقييمه، وإكثاره، وتوثيقه، وتوزيعه على المهتمين به، وحفظه من أولى المهام التى يوليها المربى عنايته؛ لما لذلك من أهمية كبيرة فى توفير ذخيرة الاختلافات الوراثية التى نشأت على مر العصور؛ للاستفادة بها فى برامج التربية، والحفاظ عليها من الاندثار.

وتتطلب عملية جمع الجيرمبلازم أن يكون المربى ملمًا بتطور المحاصيل المزروعة والأنواع النباتية القريبة منها، وبمناطق النشوء والارتقاء وتنوع الصفات، وهى أمور تعد بمثابة المدخل الطبيعى لهذا الفصل.

لم يبدأ الإنسان فى ممارسة مهنة الزراعة إلا منذ نحو ١٠ آلاف سنة أو أقل من ذلك، وهى فترة قصيرة للغاية فى حساب التطور، وإنه ليفترض الآن أن الزراعة لم تبدأ مرة واحدة بل بدأت عدة مرات فى مواقع مختلفة، وربما حدث ذلك فى وقت واحد، وربما كانت بداية الزراعة فى أرض الرافدَيْن (دجلة والفرات)، كما يعتقد أن البدايات المبكرة للزراعة كانت – أيضًا – فى كل من شمال الصين، وأمريكا الوسطى، وفى مناطق

جبال الإنديز بأمريكا الجنوبية، وهى المناطق التى شهدت بداية استقرار الإنسان وممارسته لمهنة الزراعة. وعلى امتداد تاريخ الإنسان مع الزراعة، لم يستعمل فى غذائه سوى نحو ٣٠٠٠ نوع من بين حوالى ٢٠٠٠٠٠ نوع معروف، ولم يستأنس منها فى الزراعة سوى نحو ٢٠٠ نوع كمحاصيل زراعية، ولم يعتمد – على نطاق واسع – فى غذائه سوى على ١٥ ٢٠ نوعًا فقط

الصفات المميزة للنباتات المزروعة مقارنة بالأنواع البرية

إن النباتات التى زرعها الإنسان منذ آلاف السنين (مثل القمح، والذرة، والبطاطس) تختلف كثيرا موروفولوجيًا وفسيولوجيًا - عن الأنواع البرية التى يعتقد أنها قد نشأت منها ويتبين لدى مقارنة المحاصيل الزراعية التى توجد الآن بين أيدينا بالطرز البرية التى نشأت منها – وجود تغيرات معينه، أحدثها عملية الاستئناس عبر العصور، بحيث أصبحت الأنواع المزروعة تشترك معًا فى صفات عامه مميزة. نذكر منها ما يلى (عن Hawkes ١٩٨٣)

١ – ضعف القدرة على منافسة الأنواع الأخرى

تجدر الإشارة - فى هذا المقام إلى أن هذا الضعف فى القدرة على منافسة الأنواع الأخرى ليس مقصورا على المحاصيل الزراعية فقط، بل يشمل – كذلك أسلافها التى نشأت منها، بينما تتميز الأنواع البرية بالقدرة القوية على المنافسة - تحت الظروف الطبيعيه - بحيث يمكنها الانتشار السريع، والسيادة على الأنواع الأخرى التى توجد معها فى نفس المنطقة، بدرجة أكبر بكثير من الطرز الزراعية التى تطورت إليها. لذا فإن محاصيلنا الزراعية قد فقدت كل – أو معظم - قدرتها على النمو والبقاء – تحت ظروف الطبيعة دون تدخل الإنسان وتعد جميع الأنواع المزروعة وأسلافها غير القادرة على المنافسة فى الطبيعه بمثابة "حشائش" من الوجهة البيئية، لأنها تنتشر سريعا فى غياب المنافسه، وتختفى بالسرعة نفسها إذا ما تعرضت لمنافسة من أحد الأنواع البريه المعمرة

٢ – التعملق Gigantism

حدث التعملق نتيجة استمرار انتخاب الإنسان للطرز الأكبر حجما من البذور، والدرنات والجذور، والأوراق الخ.

٣ – المدى الواسع من الاختلافات المورفولوجية:

بينما يندر وجود اختلافات مورفولوجية كبيرة بين سلالات الأنواع البرية من النباتات فإننا نجد مدى واسعا من الاختلافات المورفولوجية فى المحاصيل الزراعية، خاصة فى صفات الأجزاء النباتية التى يزرع من أجلها المحصول، كما فى درنات البطاطس، وثمار الطماطم، والفلفل، والقرعيات.

٤ – المدى الواسع للتأقلم الفسيولوجى

أدى نقل الإنسان لنباتاته معه - فى أثناء ترحاله – إلى تأقلمها على الظروف الجديدة التى تعرضت لها، وهو تأقلم وراثى، حدث من خلال عملية الإنتخاب الطبيعى، على ما توفر من اختلافات وراثية، حدثت بفعل الطفرات والانعزالات الوراثية

٥ – اندثار طرق الانتشار الطبيعية:

اندثرت الوسائل التى تنتشر بها البذور، وتنتشر بها النباتات فى الطبيعة، بفعل استمرار انتخاب الإنسان للطرز التى تناسبه وهى التى يمكنه الحصول عليها قبل أن تنتثر، وتفقد منه

٦ – اندثار وسائل الحماية الطبيعية:

استمر الإنسان على مر العصور فى انتخاب الطرز التى تلبى احتياجاته، وهو ما أدى إلى اختفاء بعض وسائل الحماية التى تميزت بها أسلافها من النباتات البرية؛ تلك الحماية التى تمنع إتلاف أعضاء نباتية معينة بواسطة بعض المفترسات التى لا تسهم فى انتشار هذه الأعضاء، ومن أمثلة ذلك ما يلى:

أ – تكون ثمار القرعيات المزروعة حلوة المذاق، بينما تحتوى الطرز البرية منها على مركبات مرة، تجعلها غير مستساغة الطعم بالنسبة للثدييات، ولكنها تبدو مقبولة لدى الطيور التى تسهم فى انتشار بذورها

ب – بينما انتخب الإنسان طرزًا حلوة المذاق من اليام فإن الطرز البرية ذات الجذور السطحية تكون مرة الطعم، إلى درجة تمنع استهلاكها بواسطة الثدييات التى تحفر فى الأرض كالجرذان، هذا وبينما تكون الطرز ذوات الجذور المتعمقة حلوة الطعم لعدم جدوى الطعم المر بالنسبة لها، فإن الإنسان انتخب منها طرزًا ذات جذور سطحية.

جـ – اندثرت – تماما – الأشواك التى توجد فى ثمار الأصناف المزروعة من التفاح، والكمثرى، والبرقوق، والموالح، والباذنجان. وهى التى تتوفر بكثرة كوسائل دفاعية فى الطرز البرية من هذه الأنواع

٧ – ضعف الخصوبة فى المحاصيل التى تكثر خضريًا:

تنتشر ظاهرة العقم فى المحاصيل التى تكثر خضريًا، وربما يرجع ذلك إلى أن الإنسان دأب – عبر تاريخه مع الزراعة – على انتخاب الطفرات ذات الأعضاء النباتية الأكبر حجما والأقوى نموًا، والتى يوجه إليها الغذاء المجهز، مما أدى إلى ضعف خصوبتها كما تظهر بعديد من هذه المحاصيل درجات عالية من التضاعف، وتوجد بها – أحيانا – كروموسومات زائدة أو ناقصة عن الهيئة الكروموسومية الكاملة؛ كما فى الثام، وقصب السكر، مما يساعد على استمرار العقم؛ وما كانت هذه الاختلافات الكروموسوميه لتبقى لو أن هذه المحاصيل كانت تكثر جنسيًا

٨ – تغير طبيعة النمو

تختلف النباتات المزروعة عن أسلافها البرية فى طبيعة النمو، حيث تتميز الأخيرة بالسيقان الطويلة، والنمو غير المحدود، وطبيعة النمو المعمرة، بينما انتخب الإنسان ما يلائم احتياجاته، فكانت النباتات التى اختارها قصيرة، ومحدودة النمو، وحولية

٩ إنبات البذور السريع المتجانس:

بينما عملت الطبيعة على إكثار وانتشار الطرز التى يكون إنبات بذورها بطيئًا وغير متجانس وهى التى لا تتعرض للاندثار إذا ما عصفت بها ظروف بيئية قاسية – فإن الإنسان انتخب ما لاءمه من طرز ذات إنبات سريع ومتجانس؛ لكى تسهل زراعتها

١٠ – التغير من التلقيح الخلطى إلى التلقيح الذاتى

يلاحظ أن الآباء البرية للمحاصيل الزراعية الذاتيه التلقيح (كالقمح، والطماطم) تكثر بها ظاهرة التلقيح الخلطى، وقد كان التغير من التلقيح الخلطى إلى التلقيح الذاتى مصاحب بالتجانس فى الطرز الذاتية التلقيح، مكان الاختلافات فى الطرز الخلطية التلقيح

موطن المحاصيل الزراعية، ومناطق النشوء والارتقاء والاختلافات

اعتقد Decandolle أن بالإمكان التعرف على مكان بداية استئناس المحصول وزراعته من أماكن نموه بريًّا، ولكن يصعب في كثر من الأحيان معرفة ما إذا كانت النباتات النامية بريًّا هي بريّة حقيقة، أم أنها فلتات مما كان يزرع في المنطقة ذاتها. ولا يمكن - أحيانا - تحديد موطن المحصول إطلاقًا، كما في الفول الذى لم يعرف له أية أسلاف برية، كما لم يُفدْ التعرف على مناطق النمو البرى للأسلاف في بعض الحالات كما في الطماطم، فبينما يكثر نمو الأنواع البرية منها في بيرو فإن الاعتقاد السائد عن موطنها أنه في المكسيك.

وقد تبين - بالدراسة الحديثة لبعض الأنواع - أن ما كان يعتقد أنها الأسلاف البرية للمحصول لا تربطها به صلة قرابة، ومن أمثلة ذلك البطاطس التي كان يعتقد أن أسلافها هي الطرز البرية التي تنمو في شيلي، وأورجواى، والمكسيك، ثم ظهر أنها أنواع أخرى تبعد - تقسيميًا - عن البطاطس المزروعة، وتختلف عنها في عدد الكروموسومات. وتوجد حالات انتشر فيها النوع - بريًا - في مناطق نقل إليها من موطنه الأصلي.

هذا.. وبينما يمكن الإعتماد على الأدلة المستمدة من الحفريات في تحديد موطن المحصول.. فإن الأدلة التاريخية لا قيمة لها في كثير من الأحيان لأن استئناس المحاصيل الزراعية الرئيسية حدث قبل التاريخ المكتوب بآلاف السنوات.

إسهامات فافيلوف N. I. Vavilov في تحديد مناطق نشوء النباتات

عاش عالم النبات الروسى N. I. Vavilov في الفترة من ١٨٨٧ إلى ١٩٤١، وقد بدأ دراسته بهدف تربية أصناف جديدة من المحاصيل الزراعية تناسب الظروف البيئية الشديدة التباين في الاتحاد السوفيتي (سابقًا)، وقد شعر فافيلوف بأن تحقيق هذا الهدف يستلزم استكشاف الاختلافات الوراثية بين النباتات المزروعة والطرز البرية القريبة منها في جميع أنحاء العالم، ولذا قام فافيلوف برحلاته خلال العشرينيات والثلاثينيات من القرن العشرين، وسجل خلالها ملاحظات مستفيضة عن الظروف البيئية والطبيعية الجغرافية السائدة والطرق الزراعية المستعملة في المناطق التي جمع

منها العينات النباتية. وقد استشرق فافيلوف بذلك آفاقا جديدة فى مجال تربية النبات، لم يكن أحد يفكر فيها من قبل، ألا وهى الاستعانة بالجيرمبلازم، الذى يمكن الحصول عليه من أى مكان فى العالم فى برامج التربية، لنقل الصفات الهامة - التى يمكن أن توجد فيه - إلى الأصناف الجديدة المحسنة.

نقل فافيلوف ورفاقه – أثناء رحلاتهم – آلاف العينات النباتية الحية إلى معهدهم العلمى Institute of Plant Industry فى ليننجراد، وفى العديد من المحطات الفرعية للمعهد فى شتى أنحاء الإتحاد السوفيتى السابق. ثم قاموا بإجراء دراسات مورفولوجية وسيتولوجية مستفيضة، توصلوا من خلالها إلى أن الأنواع المزروعة قد تميزت خلال مراحل انتشارها من موطنها الأصيلة إلى طرز تختلف عن بعضها البعض مورفولوجيّ وبيئيّ.

وقد تبين لفافيلوف أنه توجد مناطق معينة من العالم، تكثر فيها الاختلافات النباتية بشدة، أطلق عليها اسم مراكز الاختلافات Centers of Diversity، بينما توجد مناطق أخرى أقل من سابقتها فى هذا الشأن. وقد أعتقد فافيلوف أن المناطق التى تكثر فيها الاختلافات الوراثية لمحصول ما هى مواطنها الأصلية، وأطلق عليها اسم مراكز النشوء Centers of Origin.

تقسيم فافيلوف لمناطق نشوء المحاصيل الزراعية

وبناء على ما تقدم ... فقد قسم فافيلوف العالم إلى ثمانى مناطق. (مراكز) للنشوء، تضم ثلاث مناطق (مراكز) فرعية subcenters، اعتبرت جميعها مراكز نشوء centers of Origin للمحاصيل التى ذكرت بها، باستثناء ما ذكر منها كمراكز اختلافات ثانوية secondary centers of diversity بالنسبة لبعض المحاصيل، والتى لم يعتبرها مراكز نشوء لها.

ونقدم – فيما يلى – تقسيم فافيلوف لمناطق نشوء المحاصيل الزراعية.

١ – منطقة الصين

يشمل هذا المركز المناطق الجبلية فى غرب الصين، والسهول المجاورة لها، وتكثر فيه الاختلافات الوراثية للشوفان وفول الصويا، وفاصوليا أدزوكى، والبرقوق، والخوخ،

والبرتقال، واعتبرت هذه المنطقة بمثابة مركز ثانوى - كذلك - للفاصوليا العادية، والمسترد الورقى، والسمسم.

٢ - منطقة جنوب شرق آسيا

يشمل هذا المركز كلاً من بورما، وآسام، وتكثر فيه الاختلافات النباتية للأرز، والدخن الأفريقى، والحمص، وفاصوليا موث، وفاصوليا الأرز، واللوبيا الهليونية، والباذنجان والقلقاس، والخيار، وشجرة القطن، والملوخية، والفلفل الأسود.

٢أ - منطقة الهندو - ملايو

وجدت فى هذه المنطقة اختلافات كبيرة للموالح والموز وجوز الهند.

٣ - منطقة وسط آسيا

يضم هذا المركز مناطق شمال غرب الهند وأفغانستان، وبعض الولايات (الدول حاليًا) السوفيتية (سابقًا) المتاخمة (طاجيكستان وأوزبكستان)، وتكثر فيه الاختلافات النباتية للقمح، والشليم، والبسلة، والعدس، والحمص، والسمسم، والكتان، والقرطم، والجزر، والفجل، والكمثرى، والتفاح، والجوز.

٤ - منطقة الشرق الأدنى.

يشمل هذا المركز الجزء الآسيوى من تركيا، والقوقاز، وإيران، والمناطق الجبلية من تركستان، وتوجد به وفرة من الاختلافات الوراثية لأنواع القمح المحتوية على ٧ أزواج - أو ١٤ زوجا - من الكروموسومات، والشعير، والشيلم، والشوفان الأحمر، والعدس، والبسلة، والبرسيم الحجازى، والسمسم، والكتان، والقاوون، واللوز، والتين، والرمان، والعنب، والمشمش، والفستق، كما اعتبرت هذه المنطقة مركزًا ثانويًا للحمص.

٥ - منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط:

وجد فى هذا المركز اختلافات كثيرة للأقماح المحتوية على ١٤ زوجًا من الكروموسومات، والشوفان، والفول، والكرنب، والزيتون، والخس.

٦ - منطقة الحبشة.

وجد فى هذا المركز اختلافات كثيرة للأقماح بأنواعها المختلفة، والشعير، والحمص، والعدس، والبسلة، والكتان، والسمسم، والخروع، والبن.

٧ - منطقة جنوب المكسيك وأمريكا الوسطى

وجد بهذا المركز اختلافات كثيرة للذرة، والفاصوليا العادية، والفلفل. والقطن، والعنب، وأنواع القرع، والقرع العسلى، والجورد

٨ – منطقة أمريكا الجنوبية

يضم هذا المركز بيرو، وإكوادور، وبوليفيا، وتكثر فيه الاختلافات النباتية للبطاطا، والبطاطس، وفاصوليا الليما، والطماطم، والقطن، والباباظ. والتبغ

٨أ – منطقة شيلى

يوجد بهذا المركز اختلافات كثيرة من البطاطس

٨ب منطقة البرازيل وباراجواى

يوجد بهذا المركز اختلافات كبيرة للكاسافا، والفول السوداني، والكاكاو، وشجرة المطاط، والأناناس (Vavilov ١٩٥١ صفحات ٢٠ - ٤٦)

وعلى الرغم من التبسيط الزائد لمفهوم فافيلوف لمراكز النشوء المبنى على كثرة الاختلافات النباتية إلا أنه فتح الباب على مصراعيه لدراسة الموضوع بعد ذلك، كما خدم علم تربية النبات خدمة جليلة بتوجيه الأنظار نحو مناطق العالم التى تكثر فيها الاختلافات، والتى جمعت منها بالفعل عشرات الآلاف من السلالات من شتى أنواع النباتات الاقتصادية

قانون السلسلة المتناظرة

توصل فافيلوف من دراسته إلى ما أسماه بقانون السلسلة المتناظرة Law of Homologus Series، الذى ينص على أنه يمكن العثور على تباينات نباتية متشابهة فى أنواع نباتية مختلفة فى منطقة جغرافية واحدة، فإذا وجدت صفة معينة فى محصول ما فمن المتوقع العثور على صفات مماثلة فى الأنواع الأخرى القريبة منه، والتى تنمو معها فى المنطقة ذاتها، وهو أمر يبدو منطقيًا من الناحية البيولوجية على الأقل بالنسبة لمقاومة الآفات

ولقد ثبتت صحة هذا القانون بعد ذلك، فمثلا وُجد فى المكسيك تشابه بين عدة

أنواع من جنس البطاطس *Solanum* من حيث احتوائها على عدة طرز من المقاومة للندوة المتأخرة، كما وجدت المقاومة لعدة سلالات من النيماتودا المتحوصلة فى أنواع كثيرة من جنس البطاطس فى جبال الأنديز الوسطى فى بيرو، وبوليفيا وشمال غرب الأرجنتين

التمييز بين المحاصيل الأولية والثانوية

ميز فافيلوف بين المحاصيل الأولية Primary Crops، والثانوية Secondary Crops، على اعتبار أن المحاصيل الأولية هى المحاصيل المزروعة منذ القدم (مثل القمح، والشعير، والأرز، وفول الصويا، والكتان، والقطن)، وأن الثانوية تضم المحاصيل التى بدأت كحشائش مصاحبة للمحاصيل المزروعة، ثم أصبحت من المحاصيل المزروعة فى وقت لاحق، بعد أن تأقلمت على نمو المحاصيل الأولية، وحاكتها فى عدد من الصفات الفسيولوجية والمورفولوجية من خلال عمليات الانتخاب غير الواعية التى قام بها الإنسان

ويمكن أن نذكر فى هذا الشأن الأمثلة التالية:

١ – نشأ الشليم كمحصول ثانوى – كان مصاحبًا كحشيشة للقمح – كمحصول أولى فى جنوب غرب آسيا

٢ – نشأ الشوفان كمحصول ثانوى – كان مصاحبًا كحشيشة للشعير – كمحصول أولى فى أوروبا، وغرب آسيا

٣ – نشأ الفول والبسلة كمحصولين ثانويين – كانا مصاحبين كحشائش للحبوب الصغيرة كمحاصيل أولية فى جنوب غرب آسيا

ويرجع إلى فافيلوف الفضل فى الربط بين المحاصيل المزروعة وأسلافها من الحشائش؛ ولذلك أهميته التطبيقية إلى جانب قيمته النظرية؛ فهذه الحشائش تذخر بالطفرات الهامة وتُلقِّح طبيعيًا – أحيانًا – مع المحاصيل التى نشأت منها، كما يستخدمها مربو النبات كمصدر لعديد من الصفات الهامة فى برامج التربية

التمييز بين مراكز الاختلافات الأولية والثانوية

حاول فافيلوف أن يميز بين مراكز الاختلافات الأولية Primary Centers of Diversity

والتى اعتبرهــا مراكــز النشــوء، ومراكــز الاختلافــات الثانويــة Secondary Centers of Diversity، والتى لم يعتبرها مراكز للنشوء وقد أخطأ فافيلوف – مع ذلك – فى الحكم على المراكز الأولية والثانوية لبعض المحاصيل، كما لم يأخذ فى الحسبان أهمية المنــاطق التى تكثر فيها الاختلافات من الأنــواع البريــة القريبــة مــن المحــاصيل الزراعيــة، التــى يمكن اعتبارها بمثابة مناطق النشوء لهذه المحاصيل.

وقد أصبح من المؤكد لدى الكثيرين من المهتمين بهذا الموضوع أن منــاطق الاختلافــات التى ذكرها فافيلوف ليست مناطق النشوء لجميع الأنواع التــى ذكــرت بــها، وإن كــانت كذلك بالنسـبة للبعض منها فقط، ولا شك فى أن اختلاف الظروف فى المنــاطق المختلفــة كن له دور جوهرى فى التأثير على مدى تباين الصفات فى المحصول ذاته، فحتــى لــو تساوى معدل حــدوث الطفرات فــى هــذه المنــاطق فــإن تبــاين الظــروف يحــدد شــدة الانتخاب الطبيعى الذى تؤدى حدته إلى نقص الاختلافات المشاهدة خــلال فــترة زمنيــة محدوده، مقارنة بما يمكن أن يظهر من اختلافات خلال الفترة نفسـها وفى منطقة أخرى تقل فيها حدة الإنتخاب (Hawkes ١٩٨٣)

إسهامات الآخرين لتحديد مراكز النشوء

إسهامات شوكوفسكى

اقترح سـوكوفسكى Zhukovsky وهو أحد الذين عملوا مع فــافيلوف سلسـلة مـن ١٢ مركزا كبيرا megacenters للنشوء شملت معظم أنحاء العالم، حيــث لم يــترك ســوى كندا، والبرازيل، وجنوب الأرجنتين، وشمال سيبيريا، والنرويج، وإنجلترا، كما اقــترح شوكوفسكى – كذلك – مراكز صغيرة microcenters للأنواع البرية التــى اعتبرهــا قريبــة وراثيًا من الأنواع المزروعة

ويفيد التقسيم الذى اقترحــه شوكوفســكى فــى توضيــح الفــارق الكبــير بــين الانتشــار المحدود للأنواع البرية، والانتشار الواسع للأنواع المزروعة التى نقلها الإنســان معــه مــن مكــان إلى آخــر، ويمــيز شــوكوفسكى بــين المراكـــز الصغــيرة الأوليـــة primary gene microcenters – وهى المناطق الصغيرة المحدودة التى نشــأ فيــها المحصــول والمراكــز الثانوية الكبيرة secondary gene megacenters التى انتشرت فيــها زراعــه المحصــول،

وهو يحاول بذلك تجنب منتقدى فافيلوف، الذين اعتبرو أن مراكز النشوء التى ذكرها ليست مراكز على الإطلاق، وإنما هى مناطق شاسعة انتشرت فيها زراعة محاصيل معينة

إسهامات هارلان

استعمل هارلان Harlan مصطلح المراكز الصغيرة microcenters كذلك، ولكن بمعنى مختلف عما استعمله شوكوفسكى، حيث عنى به المناطق الصغيرة جدًا، الغنية بالاختلافات النباتية ضمن المناطق الكبيرة التى ذكرها فافيلوف ويحدث التطور فى هذه المناطق الصغيرة بسرعة أكبر مما فى المناطق المجاورة

إسهامات هوكس

فطن هوكس Hawkes إلى السبب الحقيقى وراء البلبلة التى أحدثتها التقسيمات السابقة لمناطق النشوء ألا وهو الخلط بين مراكز النشوء الحقيقية للمحصول، والمناطق (أو المراكز) التى تطور فيها المحصول، وكثرت فيها اختلافاته الوراثية غير تلك التى بدأت فيها زراعة المحصول، واقترح لذلك نظاما بديلا قسم فيه العالم إلى أربعة مراكز نواة، تضم عشر مناطق للاختلافات كما تحتوى – فيما بينها – على ثمانية مراكز ثانوية على النحو المبين أدناه.

ونقدم – فيما يلى – تقسيم هوكس لمراكز النشوء

قسم هوكس العالم إلى أربعة مراكز نواة Nuclear Centers (جدول ١١-١)، وهى المناطق التى يعتقد أن الزراعة قد بدأت فيها، تضم كل نواة منطقة أو عدة مناطق للاختلافات regions of diversity. وقد استعمل هوكس مصطلح "منطقة" بدلاً من مصطلح "مركز"؛ لأنه يعد أدق؛ باعتبار المساحة الكبيرة للمنطقة الجغرافية الممتدة المعنية بالمصطلح. وقد انتشرت زراعة المحاصيل الزراعية فى هذه المناطق، بعد أن امتدت إليها من مناطق نشوئها، كما نشأت فيها – كذلك – محاصيل أخرى من أسلافها من "الحشائش" التى كانت مصاحبة للمحاصيل المزروعة، سواء أكانت نشأتها بالانتخاب الواعى، أم بالانتخاب غير الواعى ولا تختلف هذه المناطق فى حجمها عن

مركز الاختلافات التي ذكرها فافيلوف. وبالإضافة إلى ذلك فقد ضمن هوكس كل منطقة للاختلافات مركزاً أو عدة مراكز ثانوية Minor Centers، اعتبرت مراكز حديثة، ويعتقد ألا يطلق عليها اسم microcenters حتى لا تختلط مع مفهوم هذا المصطلح لدى زوكوفسكي وهارلان. وهي مناطق لم ينشأ فيها سوى محصول واحد أو محاصيل معدودة. ومن المراكز الثانوية المذكورة في جدول (١١-١) تعد اليابان موطناً للويت، وغينيا الجديدة موطناً لقصب السكر، وأوروبا موطناً للشيلم، والولايات المتحدة موطناً للطرطوفة.

جدول (١١-١) تقسيم هوكس Hawkes للمراكز النواة nuclear centers (المناطق التي بدأت فيها الزراعة)، ومناطق الاختلافات regions of diversity (المناطق التي امتدت إليها الزراعة وكثر فيها الاختلافات)، وما تضمه من مراكز ثانوية outlying minor centers (امتدت إليها الزراعة حديثاً ونشأت فيها محاصيل قليلة)

مركز النواة	مناطق الاختلافات	المراكز الثانوية
أولاً: شمال الصين	١ – الصين	أ – اليابان
	٢ – الهند	ب – غينيا الجديدة
	٣ – جنوب شرق آسيا	جـ – جزر سليمان – جزر فيجي جزر جنوب المحيط الهادى
ثانياً: الشرق الأدنى	٤ – وسط آسيا	د – شمال غرب أوروبا
	٥ – الشرق الأدنى	
	٦ – حوض البحر الأبيض المتوسط	
	٧ – الحبشة	
	٨ – غرب أفريقيا	
ثالثاً: جنوب المكسيك	٩ – أمريكا الوسطى	هـ – الولايات المتحدة – كندا
		و – سواحل البحر الكاريبي
رابعاً: وسط إلى جنوب بيرو	١٠ – شمال جبال الأنديز (من فنزويلا إلى بوليفيا)	ز – جنوب شيلي
		ح – البرازيل

التقسيم المتفق عليه - حالياً - لموطن بعض النباتات الاقتصادية

يلخص Merrell (١٩٧٥) مواطن النباتات الاقتصادية المهمة فى اثنتى عشرة منطقة كما يلى (يذكر المحصول الواحد أحيانًا فى أكثر من منطقة، ويعنى بذلك .. نشأة أنواع نباتية مختلفة من جنس هذا المحصول فى مختلف المناطق):

١ - وسط آسيا:

نشان فى وسط آسيا التفاح، والجوز، والقنب، والدخن، والدخن الإيطالى، والمسترد، والكمثرى، والروبارب.

٢ - الصين:

نشأ فى الصين المشمش، وفول الصويا، والحنطة السوداء، والعُنّاب، والدخن اليابانى، والتوت، والشوفان naked oats، والبرتقال، والخوخ، والبرسيمون persimmon، والفجل، والشاى، واللفت

٣ - الهند وبورما

نشأ فى منطقة الهند وبورما فاصوليا منج، وبسلة تشك، والقرفة، واللوبيا، والخيار، والباذنجان، والنيلة، والجوت، والمانجو، والفلفل، وبسلة بيحون، والأرز، والقلقاس

٤ - جنوب شرق آسيا:

نشأن فى هذه المنطقة الخيزران، والموز، وشجرة الخبز، والقرفة، وجوز الهند، والقطن، والزنجبيل، والليمون البنزهير، والليمون الأضاليا، وجوزة الطيب، ولسان الحمل، وقصب السكر، واليوسفى، واليام.

٥ - جنوب غرب آسيا.

نشأ فى هذه المنطقة اللوز، والشعير، والجزر، والكريز، ونخيل البلح، والتين، والكتان، والعنب، والعدس، والعرقسوس، والقاوون، والخسخس، والبسلة، والرمان، والبرقوق، والسفرجل، والسبانخ، والقمح

٦ الحبشة

تعد الحبشة موطنًا لكل من الخروع، والبن، والقطن، والكولا، والباميا

٧ – وسط أفريقيا.

نشأ في منطقة وسط أفريقيا الدخن اللؤلؤى، والسمسم، والذرة الرفيعة (السرغوم)، والبطيخ

٨ - أوروبا

نشأ في أوروبا البلاكبرى، والكشمش currant، وعنب الثعلب goosberry، وفجل الحصان، والشوفان. وبنجر السكر

٩ – حوض البحر الأبيض المتوسط

نشأ في هذه المنطقة الخرشوف، والهليون، والفول، والبروكولى، وكرنب بروكسل، والكرنب، والقنبيط، والكرفس، والكستناء، والهندباء، والثوم، وحشيشة الدينار (الجنجل)، وكرنب أبو ركبة، والخس، والشوفان hulled oats، والزيتون، والبصل، والبقدونس، والسلق السويسرى

١٠ – أمريكا الوسطى

نشأ في هذه المنطقة الأفوكادو، والفاصوليا العدية، والفاصوليا المدادة، والقطن، والجورد، والجريب فروت، والذرة، والفلفل، والقرع العسلى، وقنب السيزال، والكوسة، والبطاطا، والفانيليا

١١ – أمريكا الشمالية

نشأ في هذه المنطقه البلوبرى، والكرانبرى، والطرطوفه، والبيكان، والراسبرى، والفراولة، وعباد الشمس

١٢ – أمريكا الجنوبية

نشأ في أمريكا الجنوبية فاصوليا جاك، وفاصوليا الليما، والبلاذر Cashew، والكاسافا، والكاكاو، والقطن، والجوافة، والباباظ، والفول السودانى، والأناناس، والبطاطس، والكينين، والمطاط، والفراولة، والتبغ، والطماطم

مصادر إضافية فى موضوع نشأة الأنواع وتطورها

لمزيد من التفصيل عن نشأة الأنواع والتطور، والتأقلم بوجه عام يمكن مراجعة

بعض المصادر المتخصصة، مثل Darwin (١٨٧٢)، و Shull (١٩٥١)، و Wallace & Srb (١٩٦٤)، و Ehrlich وآخرين (١٩٧٤)، و Dobzhansky وآخرين (١٩٧٧) أما المصادر التالية .. فهى أكثر صلة بموضوع الدراسة، ويجد فيها القارئ تفاصيل أخرى كثيرة عن موطن وتاريخ زراعة النباتات وتوزيعها فى العالم، وهى Vavilov (١٩٥١)، و Wilsie (١٩٦٢)، و Hutchinson (١٩٧٤)، و Zhukovsky & Zeven (١٩٧٥)، و Hawkes (١٩٨٣)، و Simmonds & Smartt (١٩٩٩)

أهمية المحافظة على الثروة الوراثية النباتية

تنبع الأهمية القصوى لحتمية المحافظة على الثروة النباتية الوراثية من احتمالات فقد الإنسانية لها، فيما يعرف بالتعرية الوراثية؛ مما يستدعى ضرورة جمعها والمحافظة عليها؛ لكى تكون موردًا دائمًا للتحسين الوراثى – بالتربية – فى كل الأنواع النباتية التى تستفيد منها البشرية.

التعرية الوراثية

يعد مصطلح التعرية الوراثية Genetic Erosion من المصطلحات الحديثة – نسبيًا – المستخدمة فى علم تربية النبات، ويعنى به اختفاء الاختلافات الوراثية، التى كانت تنمو بصورة طبيعية، وتوجد بكثرة فى مراكز الاختلافات Centers of Diversity التى ذكرها فافيلوف وغيره.

وقد بدأ القلق يساور مربى النبات حول اختفاء الاختلافات الوراثية فى بداية الخمسينيات، بعد أن اتضحت صورة التعرية الوراثية التى بدأت بصورة تدريجية منذ نهاية الحرب العالمية الثانية، وخاصة أن التعرية كانت شاملة لجميع مراكز الاختلافات التقليدية، وإن كانت قد حدثت بصورة أسرع فى بعضها عما فى البعض الآخر، ولقد دق الكثيرون من علماء تربية النبات (من أمثال Harlan ١٩٦٦) ناقوس، الخطر ووجهوا أنظار العالم إلى خطورة هذا الأمر، قبل أن تحدث التعرية الكاملة، وكان من ثمرة جهودهم أن كثفت الجهود منذ الستينيات، لإنقاذ ما تبقى من ذخيرة الاختلافات الوراثية فأُرْسِلَتْ عديد من الرحلات الاستكشافية، التى جمعت عشرات الآلاف من السلالات النباتية.

ومن غرائب الصدف أن النجاح الكبير الذى حققته الأصناف المحسنة التى أنتجها مربو النبات كان له دور بارز فى التعرية الوراثية، فقد حلت هذه الأصناف تدريجيًا محل الأصناف المحلية فى المناطق التى كانت تذخر بالاختلافات الوراثية، وهو أمر حدث نتيجة تقبل المزارعين لها، لما تميزت به من إنتاج عال أو نوعية جيدة، ومقاومة للأمراض. وكان من نتيجة ذلك أن اندثرت الأصناف المحلية التى كانت شائعة فى الزراعة، واختفت معها ثروة طبيعية من الاختلافات الوراثية كانت قد تجمعت على مدى آلاف السنين، وكان استمرار وجودها متوقفًا على الإنسان الذى كان يتولى زراعتها عامًا بعد آخر وقد صاحب ذلك – أيضًا – اختفاء مماثل للأنواع البرية القريبة، وسلالات الحشائش من المحاصيل المزروعة، لأن "الثورة الخضراء" التى رافقت إدخال الأصناف الجديدة المحسنة .. صاحبها – أيضًا - اهتمام أكبر بالزراعة، وشهدت تقنيات حديثة، قضت بدورها على ما تبقى من نباتات برية فى المناطق الزراعية، وكانت تعتمد فى بقائها على البيئة الطبيعية حدث ذلك – على سبيل المثال – بعد إدخال أصناف القمح الحديثة وانتشار زراعتها فى تركيا، والعراق، وإيران، وأفغانستان، وباكستان، والهند، حيث لم يعد من السهل العثور على سلالات محلية، أو برية من القمح، فى أى منها، بعد أن كانت هذه الدول تزخر بها كما حدث الشئ نفسه بعد إدخال الأصناف الحديثة من الأرز

ولعل الولايات المتحدة، وكندا، وغرب أوروبا تعد من أبرز الأمثلة على التقدم الزراعى الذى صاحبه اختفاء شبه كامل للاختلافات النباتية الطبيعية واستبدالها بصنف واحد، أو مجموعة محدودة من الأصناف ذات الخلفية الوراثية المتقاربة من كل محصول narrow genetic base وعلى الرغم من أن ذلك يعد ضروريًا لمواجهة متطلبات التقنيات الحديثة فى الزراعة إلا أنه يمكن أن يعرض المحاصيل المزروعة لأخطار جسيمة إذا ظهرت سلالات جديدة من الآفات الزراعية قادرة على إصابتها، وهو ما حدث – بالفعل – فى الولايات المتحدة فى عام ١٩٧٠، حينما تعرض محصول الذرة لإصابة وبائية بالفطر *Helminthosporium maydis* المسبب لمرض لفحة الذرة الجنوبية، وقد تبين من الدراسات التى أجريت حول هذا المرض أن السبب فى انتشاره الوبائى كان استعمال مصدر واحد للعقم الذكرى الوراثى السيتوبلازمى (هو سيتوبلازم تكساس العقيم الذكرى

فى إنتاج معظم هجن الذرة فى الولايات المتحدة، حيث نُقل هذا السيتوبلازم الحساس للفطر إلى جميع هجن الذرة، التى أصبحت بدورها قابلة للإصابة بهذا الفطر.

وإلى جانب الدور غير المباشر للمربى .. فقد أسهمت محاولات التوسع الأفقى فى الزراعة بدور مهم فى التعرية الوراثية، حيث قضت على البيئة الطبيعية التى كانت تنمو فيها الطرز البرية، كما كان لتقليع أشجار الغابات دور سلبى بالغ الأهمية كذلك (Hawkes ١٩٨٣).

وتعد البطاطس من أمثلة الأنواع المحصولية التى حدثت فيها تعرية وراثية كبيرة ولقد نبه Ochoa (١٩٧٥) إلى أن الطرز البرية من الجنس *Solanum* تختفى بسرعة كبيرة من شيلى، وبوليفيا، وبيرو. ولمزيد من التفاصيل . يمكن الرجوع إلى مقال Ochoa فى هذا الموضوع

جمع الجيرمبلازم

لن نتطرق – فى هذا المقام – إلى تفاصيل عملية جمع الجيرمبلازم، فهى موضوع الفصل التالى، ولكننا نكتفى – حاليًا – بإبراز أهمية الموضوع للمربى.

لقد حظى موضوع جمع الجيرمبلازم من المناطق التى تكثر فيها الاختلافات النباتية باهتمام كثيرين من المشتغلين بتربية النباتات، لما له من أهمية كبيرة فى التربية، وذلك لأن المربى فى بحث دائم عن صفات جديدة، يمكن أن يستفيد منها فى برامج التربية، وغالبا ما يجد ضالته فى ذخيرة الجيرمبلازم العالمى للمحصول، الذى يعمل على تحسينه

هذا ولا يقتصر جمع الجيرمبلازم على تباينات وسلالات الأنواع المزروعة فقط، ولكنه يمتد كذلك إلى جميع الأنواع البرية التى يجب أن تكون محل اهتمام جامعى الجيرمبلازم، ليس فقط لاحتمالات نقل جينات هامة منها إلى الأنواع المحصولية، وإنما كذلك لاحتمالات استعمالها كمصادر لإنتاج مركبات هامة. ومن الأمثلة على ذلك نقل الجين المسئول عن إنتاج حامض اللوريك lauric acid من النبات البرى *Umbellularia californıa* إلى جينوم الكانولا canola، وكذلك الاستفادة من الجنسين البريين *Lesquerella*، و *Cuphea* فى إنتاج أحماض دهنية نادرة (Bretting & Duvıck ١٩٩٧).

ويُعرّف النوع البرى بأنه النوع الذى ينمو بريًا فى مناطق لم تتعرض لتدخل الإنسان

أما أنواع الحشائش فهى الأنواع غير المزروعة التى تنمو فى مناطق تستخدم فى الإنتاج الزراعى (عن Fehr ١٩٨٧).

هذا، ونعرض فيما تبقى من هذا الفصل لنماذج متعددة لأوجه الاستفادة من الجيرمبلازم، وأمثلة واقعية لبعض الإنجازات التى تحققت فى هذا المجال.

أوجه الاستفادة من الجيرمبلازم

يستفاد من الجيرمبلازم الذى يتم جمعه بواحدة من ثلاث طرق: إما باستئناسه (أى إدخاله فى الزراعة كمحصول جديد)، وإما باستعماله كصنف جديد من محصول مزروع، وإما بالاستفادة منه كمصدر لصفات مهمة يحتاج إليها المربى، وينقلها إلى الأصناف التجارية من خلال برامج التربية.

الاستئناس

يعرف الاستئناس Domestication فى مجال الزراعة بأنه إدخال محاصيل جديدة فى الزراعة لصالح البشرية، بعد أن كان وجودها مقصورًا على الحالة البرية فى الطبيعة. ويلاحظ أن هذا التعريف للاستئناس يستبعد - تلقائيا - إدخال زراعة محصول ما من بلد إلى بلد آخر، فذلك يدخل تحت مضمون إدخال النباتات Plant Introduction. ولاشك فى أن بداية زراعة كل محصول كانت استئناسًا له من قبل الإنسان.

ومن أمثلة النباتات أو المجموعات النباتية التى استؤنست حديثًا ما يلى:

١ - الكائنات الدقيقة التى استخدمت على نطاق واسع فى إنتاج مضادات الحيوية، ولعل من أبرز الأمثلة على ذلك: انتخاب الإنسان لسلالات جديدة من فطر *Penicillium* ذات كفاءة عالية فى إنتاج المضاد الحيوى "البنسلين".

٢ - استئناس وزراعة نبات الجوايّال guayule (اسمه العلمى *Parthenium argentatum*)، بغرض إنتاج المطاط، وهو نبات شجيرى صحراوى، ينمو بريًا فى شمال وسط مكسيك، وجنوب غرب الولايات المتحدة. ورغم أن هذا النبت قد استغل

على نطاق ضيق فى إنتاج المطاط خلال الحرب العالمية الثانيــة .. إلا أن الاهتمـام بـه – على نطاق واسـع – لم يبدأ إلا فى السـنوات الأخـيرة، خاصـة أنـه محصـول صحـراوى يتحمل الجفاف. ويمكن زراعته فى كثير من المناطق التـى لا تتوافـر فيـها ميـاه الـرى، بالقدر الذى يلزم لزراعة المحاصيل العادية وتتوفر البيانات عن هذا المحصول وزراعتـه فى مصادر خاصة، مثل Fangmeier وآخرين (١٩٨٤)، و Estilai وآخرين (١٩٨٨)

٣ – استئناس أنواع نباتية أخرى كثـيرة مقاومـة للملوحـة، أو الجفـاف، أو مقاومـة لهما معًا وزراعتها لأغراض مختلفة لصالح الإنسـان وحيواناته الزراعية كمحاصيل زيتية، أو محاصيل علف وعلى سبيل المثال قام خبراء مـن جامعـة أريزونـا بتجربـة زراعـة أحد النباتات المحبة للملوحة halophytes، والتى تسقى بماء البحر مباشرة فـى مصـر، والإمارات العربية، والمكسـيك بغـرض اسـتعمالها علفًا للماشـية واسـتخراج الزيـت مـن بذورها.

٤ – استئناس شجيرات الهوهوبا، وهـو نبـات صحـراوى يتحمـل ظـروف الجفـاف الشديد، ويُستخرج من بذوره زيوت، تجمع بين خصـائص الدهـن، والشـمع، وتسـتعمل فى صناعة مواد التجميل، كما تستخدم كزيوت لتشحيم الطائرات، كبديل لزيـت عنـبر الحوت

٥ – يعتبر نوع الخشخاش *Papaver bracteatum* – الذى ينمو بريًا فى شمال غرب إيران والمناطق المتاخمة لها مـن الاتحـاد السـوفيتى السـابق – مصـدرًا جديـدًا للكوديـين codein يمكن أن يحل محل خشخاش الأفيون *P. somniferum* يعد الكوديين أحد أهم الأدوية المستخدمة فى تخفيف الآلام والسـعال، ويعـد تصنيعـه المـبرر الرئيسـى للإنتـاج القـانونى لخشـخاش الأفيـون الـذى يسـتخلص منـه الكوديـين حاليًـا. أمـا أهميــة *P. bracteatum* فترجع إلى أنه لا ينتـج أفيـون opium أو مورفـين morphine (وهـو بـادئ الأفيون)، وإنما ينتج المادة شبه القلوية: الثيبين thebaine، وهى مادة يمكن تحويلها إلى كوديين بنفس السهولة التى يحول بها الأفيون إلى كوديين، ولكن يصعب كثـيرا تحويـل الثيبين إلى أفيون أو مورفين وبذا يمكـن بالاسـتفادة مـن *P. bracteatum* فـى إنتـاج الكوديين الحد من التجارة غير المشروعة للأفيون

٦ – من بين النباتات التى يؤمل عليها كمصادر طبيعية للمركبات الكيميائية البيولوجية تلك المنتجة للبن النباتى latex (مثل الجوايال guayule – الذى أسلفنا الإشارة إليه – وعديد من أنواع الـ *Euphorbia*) لاستخلاص المطاط والوقود. وكذلك المنتجة لكل من الشموع waxes (مثل *Candelilla*، و *Calathea lutea*)، والزيوت (مثل جورد البقر buffalogourd، والـ cramble، والهوهوبا jojoba – الذى سبقت الإشارة إليه – والـ meadowfoam، والفيرونيا veronia، والـ stokes aster وغيرهم).

٧ – تعد زراعة الخلايا النباتية مباشرة دونما حاجة إلى تنمية النباتات ذاتها من احدث الوسائل للاستفادة من جيرمبلازم النباتات التى تزرع لأجل محتواها الكيميائى، مثل النباتات الطبية، والزيوت الأساسية، ومكسبات الطعم الحلو، والمبيدات الحشرية إلخ (عن Prescott-Allen & Prescott-Allen ١٩٨٨).

ولمزيد من الأمثلة لحالات الاستئناس السابقة وغيرها.. براجع Laidig وآخرين (١٩٨٤).

إدخال النباتات فى الزراعة كأصناف جديدة

يمكن أن تستعمل السلالات النباتية فى الزراعة مباشرة كصنف جديد من محصول مزروع، إذا توفر لذلك شرطان، هما:

١ – أن يكون النبات المستورد من صنف تجارى.

٢ – أن يفوق غيره من الأصناف الأخرى المنتشرة فى الزراعة عند مقارنته بها.

يعد هذا المفهوم لإدخال النباتات.. هو الأكثر واقعية فى الدول النامية التى تستورد مئات الأصناف المحسنة من المحاصيل الزراعية – سنويًا – من الدول الأكثر تقدما، بغرض تقييمها وإدخالها فى الزراعة مباشرة، إذا ثبت أنها تفوق الأصناف المحلية.

هذا.. ويعرف الجيرمبلازم الذى يكون جديدًا على منطقة ما – بعد نقله إليها من منطقة أخرى – باسم exotic germplasm، وهو يكون – عادة – منخفض المحصول فى المنطقة التى تنقل إليها، مقارنة بما يزرع فيها من أصناف أخرى، وقد يفيد كمصدر للصفات فى برامج التربية (عن Fehr ١٩٨٧).

استعمال الجيرمبلازم كمصدر للصفات فى برامج التربية

تتنوع كثيرًا أنشطة مربى النبات فى استعمال الجيرمبلازم كمصدر لصفات هامة فى برامج التربية؛ الأمر الذى نتناوله بالشرح فى هذا المقام.

الانتخاب فيما يتم جمعه من جيرمبلازم

عندما يكون الجيرمبلازم المجموع غير متجانس وراثيًا، ويتضمن عديدًا من التراكيب الوراثية، فإن الانتخاب الطبيعى والصناعى ينتج عنه ظهور آلاف من الأصناف تعرف – عادة – باسم land races، وهى تعد مصدرًا قيمًا للتباينات الوراثية لتحسين الأنواع المزروعة هذا .. إلاّ أن تلك الأصناف هى فى طريقها إلى الانقراض، حيث إنها تُستبدل – تدريجيًا – بالأصناف الجديدة المحسنة

التربية المبدئية

إن نقل الجينات المرغوب فيها – مثل تلك المسئولة عن المقاومة للأمراض والحشرات، أو تحمل ظروف بيئية معينة قاسية – من الأنواع البرية القريبة من المحاصيل المزروعة إلى المحاصيل المزروعة لهى عملية شاقة وتتطلب سنوات عديدة لإتمامها وفى بعض الأحيان يتطلب إجراء التهجين النوعى الأول اللجوء إلى تقنيات خاصة ولذا يقوم المربون فى المؤسسات المسئولة عن المحافظة على الجيربلازم وتسهيل الاستفادة منه بعملية نقل بعض الجينات المرغوب فيها إلى خلفية وراثية مقبوله زراعيًا لكلى يسهل على الآخرين القيام ببرامج التربية بعد ذلك. وتعرف الخطوة الأولى تلك باسم "ما قبل التربية"، أو "التربية المبدئية" pre-breeding. وحقيقة الأمر أن الـ pre-breeding هى الخطوة الأولى فى أى برنامج تربية يهدف إلى الاستفادة مما يوجد فى الأنواع البرية من جبنات مرغوب فيها؛ ولذا فإن تلك الخطوة يطلق عليها أسماء أخرى، مثل "تعزيز أو تحسين الجيربلازم" germplasm enhancement، و "التربية التطورية" developmental breeding.

وقد لا تكون السلالات التى تنتج من الـ pre-breeding صالحة للزراعة التجارية، ولكنها تكون – بكل تأكيد – أنسب للاستعمال فى برامج التربية عن الأنواع البرية (Chahal & Gosal ٢٠٠٢)

أمثلة لأنواع برية استخدمت في تحسين بعض المحاصيل الزراعية

نعرض في جدول (١١-٢) أمثلة لعديد من الأنواع البرية التي استخدمت بنجاح في تحسين ٢٤ محصولا زراعيًا هامًا

أصناف القمح القصيرة

بعد إنتاج أصناف القمح القصيرة وانتشار زراعتها في مختلف أنحاء العالم من قصص النجاح المتميزة لتبادل الجيرمبلازم والاستفادة منه. بدأت القصة في اليابان حيث كشف الباحثون جينين مسئولين عن تقصير طول النبات (dwarfing genes) في أحد الأصناف اليابانية، وبتلقيحه مع الصنفين الأمريكيين Fultz، و Turkey أنتج الصنف القصير Norin 10 في عام ١٩٣٥. وانتشرت زراعته في اليابان. وباستعمال هذا الصنف في برنامج للتربية في جامعة ولاية واشنطن بالولايات المتحدة أنتج الصنف شبه القصير semi-dwarf جينز Gaines الذي انتشرت زراعته على نطاق واسع في شمال غرب الولايات المتحدة. وقد أرسلت سلالة من هذا البرنامج - الذي استخدم فيه الصنف Norin 10 - إلى المكسيك حيث لقحت مع الأصناف المحلية هناك في برنامج للتربية أفرز عديد من أصناف القمح القصيرة، التي استعملها مزارعوا المكسيك لأول مرة في عام ١٩٦٢، مما أدى إلى زيادة محصول القمح. وقد أدخلت تلك الأصناف ذاتها إلى كل من الهند، وباكستان، والولايات المتحدة، ودول أخرى. واليوم يستفيد من تلك الجينات المقزمة للقمح أكثر من ربع سكان العالم (عن Fehr ١٩٨٧).

المقاومة للأمراض والآفات: أمثلة من محصول الأرز

لعل أكثر استخدامات الجيرمبلازم كانت - ولا تزال - هي البحث في تلك الثروات النباتية عن مصادر لمقاومة مختلف الأمراض والآفات والسلالات الجديدة منها، والأمثلة على ذلك كثيرة (Lenné & Wood ١٩٩١، و Innes ١٩٩٢، و Clement & Quisenberry ١٩٩٩).

جدول (١١-٢): أهم الأنواع البرية التي استخدمت في تحسين المحاصيل الزراعية الرئيسية (عن Prescott-Allen & Prescott-Allen ١٩٨٨)

المحصول الزراعي	الأنواع البرية التي استخدمت في تحسينه	موطن الأنواع البرية
القمح	*Triticum turgidum dicoccoides*	تركيا وفلسطين
	Aegilops umbellulata	تركيا
	Aegilops ventricosa	إيطاليا وإسبانيا
	Agropyron elongatum	(غير محددة)
الأرز	*Oryza nivara*	الهند
الذرة	*Tripsacum dactyloides*	الولايات المتحدة وفنزويلا
الشعير	*Hordeum spontaneum*	تركيا
الشوفان oats	*Avena sterilis*	فلسطين والبرتغال وتونس والجزائر
البطاطس	*Solanum acaule*	الأرجنتين وبوليفيا وبيرو
	S. demissum	المكسيك
	S. spegazzinii	الأرجنتين
	S. stolonilerum	المكسيك
	S. vernei	الأرجنتين
الكاسافا	*Manihot glaziovii*	البرازيل
البطاطا	*Ipomoea trifida*	المكسيك
دوار الشمس	*Helianthus annuus*	الولايات المتحدة
	H. petiolaris	الولايات المتحدة
نخيل الزيت	*Elaeis guineensis*	ساحل العاج ونيجيريا وزائير
السمسم	*Sesame orientale malabaricum*	الهند
الطماطم	*Lycopersicon esculentum cerasiforme*	الإكوادور وبيرو
	L. cheesmanii	الإكوادور
	L. pimpinellifolium	الإكوادور وبيرو
	L. chmielewskii	بيرو
	L. hirsutum	الإكوادور وبيرو
	L. peruvianum	بيرو وشيلي
البسلة	*Pisum fulvum*	فلسطين والأردن وسوريا ولبنان وتركيا
الجزر	*Daucus carota*	الولايات المتحدة
العنب	*Vitis amurensis*	الاتحاد السوفيتي (سابقًا)

تابع جدول (١١-٢):

المحصول الزراعى	الأنواع البرية التى استخدمت فى تحسينه	موطن الأنواع البرية
	V. aestivalis	الولايات المتحدة
	V. berlandieri	الولايات المتحدة
	V. lincecumii	الولايات المتحدة
	V. riparia	الولايات المتحدة
	V. rupestris	الولايات المتحدة
	V. labrusca	الولايات المتحدة
التفاح	*Malus baccata*	الاتحاد السوفيتى (سابقا)
	M. floribunda	اليابان
الكمثرى	*Pyrus* sp.	الاتحاد السوفيتى (سابقا)
الفراولة	*Fragaria chiloensis*	الولايات المتحدة وكندا وشيلى
	F. ovalis	الولايات المتحدة
	F. virginiana	الولايات المتحدة
قصب السكر	*Saccharum robustum*	غينيا الجديدة
	S. spontaneum	الهند واندونيسيا
بنجر السكر	*Beta maritima*	إيطاليا
الدخان	*Nicotiana debneyi*	أستراليا
	N. glutinosa	بيرو
	N. longiflora	الأرجنتين وبوليفيا والبرازيل وباراجواى وأورجواى
	N. plumbaginifolia	الأرجنتين وبوليفيا والبرازيل وباراجواى وأورجواى وبيرو
المطاط	*Hevea brasiliensis*	البرازيل
الكاكاو	*Theobroma cacao*	بيرو
القطن	*Gossypium anomalum*	الكاميرون وجمهورية أفريقيا الوسطى وتشاد والحبشة والنيجر ونيجيريا والصومال والسودان وأنجولا وناميبيا
	G. hirsutum mexicanum	المكسيك
	G. tomentosum	الولايات المتحدة

ولعل من أبرز الأمثلة على جهود تقييم الجيرمبلازم لأجل التوصل إلى مصادر لمقاومة الأمراض الهامة تلك التى بذلت وكللت باكتشاف الجين Gsv المسئول عن مقاومه الأرز لفيرس grassy stunt فى سلاله من النوع *Oryza nivara* كانت قد جمعت من ولاية Utter Pradesh بالهند، وذلك بعد قيام الباحثين فى معهد بحوث الأرز الدولى بالفلبين بتقييم ١٧٠٠٠ سلالة من *O. stavia* وأكثر من ١٠٠ طراز برى من الـ *O. sativa* complex على مدى ٤ سنوات. ولقد أسفر هذا البحث عن اكتشاف المقاومة فى ثلاث بادرات فقط من بين ٣٠ بادرة ثم اختبارها من *O. nivara*، وهى التى استعملت فى برامج التربية لإنتاج أصناف مقاومة لهذا المرض الخطير وقد عاود الباحثون - بعد ذلك محاولة اكتشاف أى مصادر أخرى لمقاومة الفيرس فى عدد من الأنواع البرية. وفى أكثر من ١٠٠٠٠ صنف محسن وسلالة تربية، ولكن دون جدوى (١٩٨٩ Chang)

ونعرض فى جدول (١١-٣) ملخصا للجهود التى بذلت – فى معهد بحوث الأرز الدولى بالفليبين – فى محاولة للعثور على مصادر لمقاومة أهم الحشرات التى تصيب محصول الأرز – وذلك حتى عام ١٩٩٣

استعمال الجيرمبلازم كمصدر لصفات هامة فى برامج تحسين محاصيل الخضر

كانت مجموعات الجيرمبلازم العالمية للمحاصيل الزراعية – ولاتزال – هى المصدر الأول لعديد من الصفات الهامة التى نقلت إلى الأصناف التجارية المحسنه فى برامج التربية ونعنى بذلك جيرمبلازم الأصناف المزروعة من المحصول، وجيرمبلازم الطرز البرية (الحشائش المحصولية) منه، وجيرمبلازم الأنواع البرية القريبة منه، ونسوق فيما يلى – بعض الأمثلة لفئة واحدة من النباتات؛ هى محاصيل الخضر، نوضح إلى أى مدى استخدمت السلالات المدخلة (أو المستوردة) Plant Introductions فى تحسينها.

١ – البصل :

أ – اكتشف Henry A. Jones العقم الذكرى فى أحد النباتات البرية من البصل سنة ١٩٢٥، والذى أصبح أهم نبات فى تاريخ تربية البصل وتحتوى جميع هجن البصل المنتجة فى الولايات المتحدة على سيتوبلازم هذا النبات.

جدول (١١-٣): ملخص باختبارات تقييم المقاومة للحشرات في معهد بحوث الأرز الدولي حتى عام ١٩٨٤ (عن Holden وآخرين ١٩٩٣)

طراز سلالات الأرز والنوع الحشري	عدد السلالات المختبرة	عدد السلالات المقاومة	النسبة المئوية للسلالات المقاومة
أ – أصناف الأرز المزروعة			
Striped stem borer (*Chilo suppressalis*)	١٥٠٠٠	٢٣	٠ ١٥
Yellow stem borer (*Scirpophaga incertulas*)	٢٢٩٢٠	٢٦	٠ ١١
Whorl maggot (*Hydrellia philippina*)	١٦٩١٨	١	٠ ٠١
Green leafhopper (*Nephotettix nigropictus*)	٥٢٧	٦٦	١٢ ٥٣
Green leafhopper (*Nephotettix malayanus*)	١٥٨	١٢٩	٨١ ٦٥
Zigzag leafhopper (*Recilia dorsalis*)	٢٣٨٣	٣٦	١ ٥١
Leaffolder (*Cnaphalcrocis medinalis*)	٢٠٨١٦	١١٧	٠ ٥٦
Caseworm (*Nymphula depunctalis*)	٥١٨٣	صفر	صفر
Thrips (*Stenchaetohrips biformis*)	٢٣٧	٧٨	٣٢ ٩١
Rice bug (*Leptocorisa oratorius*)	٤٠٦	صفر	صفر
Black bug (*Scotinophara coarctata*)	٣٠٠	٢	٠ ٠١
ب – سلالات وأنواع الأرز البرية			
Brown plant hopper (*Nilaparvata lugens*)			
Biotype 1	٤٤٦	٢٠٤	٤٥ ٧
Biotype 2	٤٤٥	١٦٨	٣٧.٨
Biotype 3	٤٤٨	١٧٨	٣٩ ٧
Whitebacked plant hopper (*Sogatella furcifera*)	٤٤٩	٢٠٨	٤٦ ٣
Green leafhopper (*Nephotettix virescens*)	٤٤٧	٢٣٩	٥٣ ٤
Green leafhopper (*N. nigropictus*)	٩١	٥٤	٥٩ ٣
Green leafhopper (*N. malayanus*)	٣٠	٢٦	٨٦ ٧
Zigzag leafhopper (*Recilia dorsalis*)	٤٢٢	٢١٨	٥١ ٧
Striped stem borer (*Chilo suppressalis*)	٢٤٣	١٣	٥ ٣
Yellow stem borer (*Scirpophaga incertulas*)	٣٢٢	٧٠	٢١ ٧
Leaffolder (*Cnaphalocrocis medinalis*)	٣٣٨	٨	٢ ٤
Whorl maggot (*Hydrellia philippina*)	٣٣٩	٧	٢ ١
Caseworm (*Nymphula depunctalis*)	٣٠٤	صفر	صفر
Thrips (*Stenchaetothrips biformis*)	٨٥	١٢	١٤ ٠

ب – وجدت المقاومة للتربس في الصنف White Persian الإيراني في سنة ١٩٣٤، ولايزال هذا الصنف مستعملا كمصدر للمقاومة للتربس في برامج التربية.

جـ – اكتشفت المقاومة لدودة البصل onion maggot في السلالة P I 344251 التي كانت قد جمعت من تركيا

٢ – القاوون

أ – اكتشفت المقاومة للبياض الدقيقي في أصناف جمعت من الهند، واستخدمت في إنتاج أول صنف تجاري محسن مقاوم، وهو PMR 50 سنة ١٩٣٢، الذي كان بداية لإنتاج سلسلة من الأصناف المقاومة للسلالة رقم (١) من الفطر المسبب للمرض والتي كان من أهمها الصنف PMR 45.

ب – اكتشفت – كذلك – المقاومة للسلالة رقم (٢) من الفطر المسبب لمرض البياض الدقيقي في سلالة هندية أخرى، واستعملت في إنتاج الصنفين المقاومين PMR5، و PMR6 سنة ١٩٤٢، وقد تلاهما ظهور أصناف أخرى مقاومة.

جـ – وجدت المقاومة للبياض الزغبي في السلالتين P.I. 124111، و P.I. 124112 من الهند، ونقلت منهما إلى الصنف Gulfstream وغيره

د – اكتشفت المقاومة لفيرس تبرقش البطيخ رقم (١) في السلالة الهندية P I 180280.

هـ – اكتشفت المقاومة لفيرس موزايك القاوون في سلالة شرقية، تستعمل في التخليل.

و – اكتشفت المقاومة للمن، في السلالة الهندية P. I. 371795.

٣ – الخيار:

أ – اكتشفت المقاومة لفيرس موزايك الخيار في الصنف الصيني ساينيز لونج Chinese Long سنة ١٩٢٦، ثم في الصنف طوكيو لونج جرين Tokyo Long Green الذي استعمله H. M. Munger كمصدر لمقاومة الفيرس في أول صنفين تجاريين محسنين، وهما تيبل جرين Tablegreen، وماركت مور Marketmore، وماتلاهما من أصناف مقاومة

ب – اكتشفت المقاومة للأنثراكنوز، والبياض الدقيقي في السلالة الهندية P.I 197087 التي استخدمت في التربية لإنتاج أصناف مقاومة في كارولينا الجنوبية.

جـ – اكتشف الخيار الأنثوى gynoecious فى الصنف الكورى شوجوين Shogoin (P I 220860)، الذى أكثر فى سنة ١٩٥٤، وأنتج منه أول سلالة خيار أنثوية محسنة وهى MSU 713-5 سنة ١٩٦٠ وهى التى استعملت – بدورها – فى إنتاج الهجين الأنثوى الأول سبارتان داون Spartan Dawn، وسلالات أنثوية أخرى، كانت الأساس لكل ما تلاها من أصناف خيار أنثوية

د – وجدت المقاومة للبياض الدقيقى فى السلالة اليابانية P I 212233

هـ – وجدت المقاومة للذبول البكتيرى فى السلالتين P I 200815، و P I 200818 من بورما

ز – وجدت صفة الثمار غير المرة فى السلالة الهولندية P I 265887

حـ – أما صفة الثمار البكرية فهى توجد فى أصناف خيار البيوت المحمية الأوروبية، ونقلت منها إلى الأصناف الأخرى.

٤ – الكوسة.

أ وجدت المقاومة لحشرة خنفساء الخيار فى سلالات من *Cucurbita pepo*، و *C. moschata*، و *C. maxima*

ب – وجدت المقاومة لكل من البياض الزغبى والبياض الدقيقى فى سلالة *C. maxima* الهندية P I 135893

جـ – وجدت المقاومة لفيرس موزايك الخيار فى سلالة *C. pepo* رقم P I 176959 من تركيا

د وجدت المقاومة لفيرس موزايك الكوسة فى السلالة P I 172870 من تركيا

٥ البسلة

أ – وجدت المقاومة لفيرس pea enation mosaic فى السلالة P I 140295 من إيران

ب – وجدت المقاومة لفيرس الموزايك المحمول بالبذور seed-borne mosaic virus فى إحدى السلالات المستورده

٦ – الخس

أ - اكتشفت المقاومة للبياض الزغبى فى إحدى سلالات النوع *Lactuca serriola* من

روسيا وهى التى جمعت فى سنه ١٩٣٢، واستعملت فى إنتاج ١٨ سلاله مقاومة من الخس، ووزعت على مربى المحصول فى عام ١٩٥٨ كما وجدت المقاومة لنفس المرض فى سلالة الخس P.I. 167150 من تركيا فى سنة ١٩٤٩، وقد استُعْمل المصدران السابقان للمقاومة فى إنتاج الصنفين المقاومين فالمين Valmaine، وفالريو Valrio وغيرهما.

ب – اكتشفت السلالة رقم (٢) من الفطر بعد ذلك، ووجدت المقاومة لها فى السلالات P.I. 27373، و P.I. 250425، و P.I. 274900، و P.I. 273606، و P.I. 274369، وهى التى استعملت فى إنتاج الصنف كالمار وماتلاه من أصناف مقاومة

جـ – وتلا ذلك اكتشاف السلالة رقم (٣) من الفطر. ثم اكتشفت المقاومة لها فى الصنف الهولندى سوليتا Solita

د – اكتشفت المقاومة لفيرس موزايك الخس فى السلالات P.I. 251245، و P.I. 251246، و P.I 251247 التى استخدمت فى إنتاج أول الأصناف المقاومة من طراز الفانجارد Vanguard.

هـ - وجدت المقاومة لحشرة Cabbage looper فى السلالة رقم P.I. 261653 من *L. saligna*

ز – وجدت المقاومة لمرض الجذر الفلينى فى عدة سلالات مستوردة

حـ – وجدت صفة الإزهار البطئ فى السلالة P.I. 21118

٧ – الفاصوليا

أ – وجدت المقاومة لمرض اللفحة الهالية فى بعض الأصناف الأمريكية والمقاومة للسلالة رقم ٢ من البكتيريا المسببة للمرض فى السلالة P.I. 150414 من السلفادور

ب – وجدت المقاومة لعفن الجذر الفيوزارى فى السلالة P.I. 20, 958 التى استخدمت فى إنتاج أصناف الفاصوليا الجافة فيفا Viva، وروزا Rosa

جـ – وجدت المقاومة لثلاث سلالات من بكتيريا الذبول فى السلالة P.I. 165078 من تركيا، وهى التى استعملت فى إنتاج الصنف المقاوم إمرسون Emerson

د – وجدت المقاومة لأربع سلالات من الفطر المسبب للأنثراكنوز فى إحدى السلالات من فنزويلا، التى استعملت فى إنتاج السلالة Cornell 49-242، وهى التى استعملت – بدورها – فى إنتاج أول الأصناف المقاومة شارليفوا Charlevoix.

هـ – وجدت المقاومة للفحة البكتيرية العادية فى السلالة P I 207262 من كولومبيا

و وجدت المقاومة لفيروسى التبرقش العادى، والتبرقش الأصفر فى السلالة P.I. 169754 من تركيا، و P I 226856 من إسبانيا، و P I 207203 من كولومبيا

ز - وجدت المقاومة لخنفساء الفاصوليا المكسيكية فى السلالة P I 181786 من سوريا

حـ – وجدت المقاومة لنطاطات الأوراق فى السلالة P.I. 173024 من تركيا، و P I 151014 من شيلى

ط – وجدت سلالات عالية فى محتواها إما من البروتين، وإما من الحامض الأمينى الضرورى مثيونين فى السلالات P I 180750، و P I 226920، و P I 169740

ى – وجدت القدرة على زيادة كفاءة استعمال عنصر البوتاسيوم عند مستويات منخفضة من العنصر فى السلالة P I 180761

٨ البطاطس

لقد ذكر أن من بين ١٢٠ صنفًا من البطاطس – أنتجت خلال الفترة من ١٩٣٠ إلى ١٩٧٠ دخل إثنان أو أكثر من سلالات النباتات المدخلة Plant Introductions فى أنساب ١١٣ صنفا منها، كما استعمل فى كثير منها النوع *S. demissum* والأصناف الأوروبية كمصدر لمقاومة الندوة المتأخرة

٩ - البطاطا

أ - استخدمت أكثر من ثلاثين سلالة مدخلة (P.I.) من اليابان، وبورتوريكو كمصادر لمقاومة العفن الأسود، والذبول الفيوزارى. وعفن التربة، ونيماتودا تعقد الجذور، وفيرس الفلين الداخلى

ب – استخدمت السلالة P I 153655 من جزيرة تنجان Tinjan Island كمصدر لمقاومة الذبول الفيوزارى فى كل من أصناف البطاطا المحسنة جم Gem، وردكلف Radcliffe، وجوليان Julian

١٠ – السبانخ

عثرت على المقاومة لكل من البياض الزغبى، وفيرس موزايك الخيار (١) فى السلالاتين P.I. 140467، و P.I. 179590

١١ – البطيخ.

نقل Orton صفة المقاومة للذبول الفيوزارى من البطيخ البرى الأفريقى Citron، وأنتج أول الأصناف المقاومة للمرض وهو كونكرر Conqueror سنة ١٩١١

١٢ – الكرنب

أ – أدخلت المقاومة للعفن الأسود من صنف يابانى.

ب – أدخلت المقاومة للصدأ الأبيض، وتعقد جذور الصليبيات، وفيرس موزايك اللفت، والقدرة على تحمل الحرارة العالية من أنواع برية مختلفة

جـ – اكتشفت المقاومة للبياض الزغبى فى السلالات P.I. 296131، و P.I 205993، و P.I. 205994 من السويد، و P.I. 189028 من البرتغال، و P.I. 245015 من فرنسا.

د – حصل على المقاومة لفيرس موزايك القنبيط من السلالتين P.I. 225858، و P.I. 225860 من الدانمرك، و P.I 229747 من إيران

١٣ – الطماطم

أ – اكتسفت المقاومة للذبول الفيوزارى فى السلالة P.I 79532 من *Lycopersicon pimpinellifolium*، وكانت من بيرو، واستعملت كمصدر للمقاومة فى إنتاج أكثر من ١٠٠ صنف مقاوم.

ب – أعقب ذلك اكتشاف المقاومة للسلالة رقم (٢) من الفطر المسبب للذبول الفيوزارى فى سلالة *L. esculentum* رقم P.I 126915

جـ – استخدمت بعض سلالات من *L. pimpinellifolium* كمصدر لمقاومة عفن الرقبة. وفطر استمفيللم *Stemphylium*، وفيرس ذبول الطماطم المبقع.

د – وجدت المقاومة لذبول فيرتسيللم فى السلالة P.I. 303801 من أمريكا الجنوبية

هـ – اكتشفت درجة عالية من المقاومة لفيرس موزايك الطماطم فى سلالة *L. peruvianum* رقم P.I. 128650

و – وجدت صفة المحتوى المرتفع من حامض الأسكوربيك (فيتامين جـ) فى السلالة P.I. 126946 من *L. peruvianum*.

ز – وجدت صفة القدرة على الإنبات فى درجة الحرارة المنخفضة فى سلالتين من الاتحاد السوفيتى.

حـ – وجدت المقاومة للندوة المتأخرة فى السلالة P.I. 204587 من تركيا

ط اكتشفت المقاومة لنيماتودا تعقد الجذور فى النوع *L. peruvianum* سلالة رقم P.I. 128657، واستعملت فى إنتاج عشرات الأصناف المقاومة (عن Peterson ١٩٧٥)

ولمزيد من التفاصيل عن مصادر المقاومة لنيماتودا تعقد الجذور فى مختلف الأنواع البرية من الجنس *Lycopersicon* . يراجع Ammati وآخرون (١٩٨٦)

يتضح مما تقدم أن الجيرمبلازم كان مصدرا لعديد من الصفات الهامة، التى استخدامها المربون فى برامج التربية، خاصة صفات المقاومة للآفات ويذكر Skardla (١٩٧٥) أن من بين ٦٠٠ سلالة خيار اختبرت كانت ١٢٥ منها مقاومة لآفة (مرض أو حشرة). أو أكثر، وأن أكثر من ٥٠٪ من السلالات المقاومة كانت متعددة المقاومة للآفات. وظهر بإحداها (وهى P.I. 197087) مقاومة لثمانى آفات كما ظهر عند اختبار ٣٧٠٠ سلالة طماطم وجود مقاومه لآفة أو أكثر فى ٢٥٠ سلالة منها، وظهر فى عديد منها مقاومة لنحو ٨–١٢ آفة، وكان فى إحداها مقاومة لثلاث عشرة آفه هذا ويعطى Knott & Dovrak (١٩٧٦) بيانًا بمصادر المقومة للأمراض فى جيرمبلازم الأنواع البرية عامة

مصادر إضافية

لمزيد من التفاصيل عن هذا الموضوع يمكن الرجوع إلى Kruell & Borlaug (١٩٧٠)، و Skardla (١٩٧٢)، و Leon (١٩٧٤)، و Peterson (١٩٧٥)، و Alexander (١٩٧٥)، و Bliss (١٩٨١)، وكذلك Duke (١٩٨٢) بالنسبة لمصادر تحمل الظروف البيئية القاسية كذلك أوجز Prescott-Allen & Prescot-Allen (١٩٨٨) أوجه التحسينات التى أدخلت على شتى المحاصيل الزراعية، والتى تمت الاستفادة فيها بالسلالات والأنواع البرية القريبة من تلك المحاصيل

الفصل الثانى عشر

جمع الجيرمبلازم وتقييمه

يتطلب جمع الجيرمبلازم التعرف على أماكن تواجده داخليًا وخارجيًا، الأمر الذى يستلزم إرسال الرحلات الاستكشافية، مع تواجد منظمات أو مؤسسات للقيام بتلك المهام، وتسهيل عمليات تقييمه، والاستفادة منه، وإكثاره وحفظه.

استكشاف الجيرمبلازم فى الداخل وفى الخارج

إن البحث عن الجيرمبلازم (أو استكشاف الجيرمبلازم) قد يكون داخليًا Domestic Plant Exploration أو خارجيًا Foreign Plant Exploration، والغرض فى كلتا الحالتين هو البحث عن مصادر الاختلافات الوراثية.

الاستكشاف الداخلى للجيرمبلازم

يكون للبحث الداخلى عن الجيرمبلازم أهمية فى استكشاف الطرز البلدية المتأقلمة جيدًا على الظروف البيئية السائدة محليًا، والتى تكون صفاتها مرغوبة من جمهور المستهلكين؛ والأمثلة على ذلك كثيرة، لعل أبرزها مئات الأصناف من نخيل البلح، التى توجد فى منطقة الخليج العربى، والتى نشأ أكثرها كانعزالات وراثية من حالات الإكثار الجنسى، ثم أكثرت خضريًا بعد ذلك. كما كان هناك وعى دائم فى مصر بوجود انعزالات وراثية متفوقة من أشجار المشمش المكثرة – بذريًا – إلى أن تمكن القائمون على مشروع تطوير النظم الزراعية من إجراء الحصر اللازم، والتعرف على عدد من الأشجار الممتازة الصفات فى أنحاء متفرقة من الدولة.

ولاشك فى أن كل دولة تزخر بالطرز المختلفة المحلية الشائعة بها من بعض المحاصيل الزراعية؛ فالثوم البلدى المصرى – برغم صغر فصوصه – يعد أعلى محصولاً – فى مصر – من الأصناف المستوردة ذات الفصوص الكبيرة، والتفاح المحلى العراقى

بتميز بدرجة عالية نسبيًا -- من الحموضة، تجعله أكثر قبولا لدى جمهور المستهلكين في العراق - عن الأصناف المستوردة، وتعتبر الأصناف المحلية من ،سبانخ أبطأ – اتجاها نحو الإزهار – من بعض الأصناف المستوردة .. إلخ وهكذا نجد في أحيان كثيرة أن استكشاف الجيرمبلازم داخليًا – يكون مجديًا في تحسين الأصناف المحلية، وفي العثور على مصادر لصفات التأقلم على الظروف البيئية، وصفات النوعية التي يرغب فيها المستهلكون

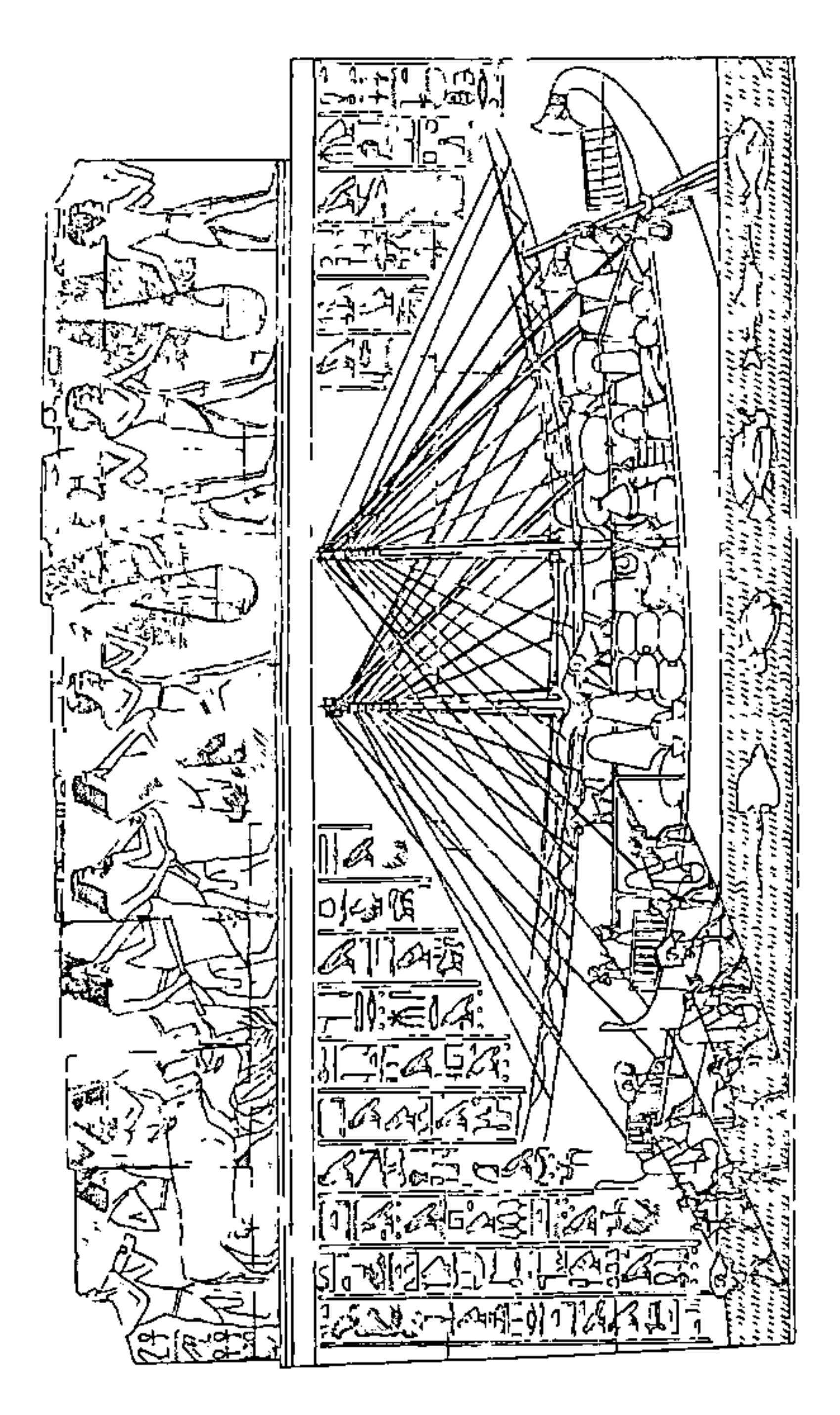
الاستكشاف الخارجى للجيرمبلازم .. مقدمة تاريخية

على الرغم من أهمية الاستكشاف الداخلى للجيرمبلازم فإن ذكر موضوع البحث عن الجيرمبلازم وجمعه يعني به – غالبا – تنظيم الرحلات الخارجية لاستكشاف الجيرمبلازم في المناطق التي تكثر فيها الاختلافات الوراثية

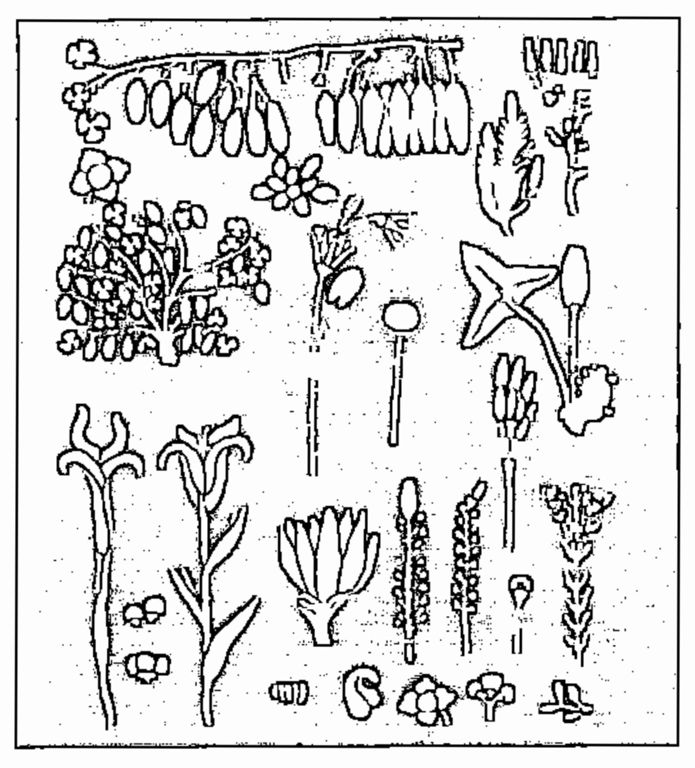
ولعل أقدم رحلة نظمت في التاريخ لجمع النباتات كانت تلك التي قام بها قدماء المصريين في عهد الملكة حتشبسوت (من الأسرة الثانية عشرة)، التي أرسلت سفنها إلى شرق أفريقيا، لجمع نبات البخور incense من بلاد البونت (على سواحل الصومال)، حوالى عام ١٥٠٠ قبل الميلاد، لأجل زراعته في الحدائق الملكية، وقد وجدت النقوش الدالة على هذه الرحلة على جدران معبد الدير البحرى، غرب الأقصر (شكل ١٢-١)

كذلك قام تحتمس الثالث بعد حتشبسوت – بإرسال رحلة أخرى إلى سوريا في حوالى عام ١٤٥٠ قبل الميلاد أحضرت معها بذورا، وثمارا، ونباتات من مختلف الأنواع (شكل ١٢–١٢) (عن Ryder ٢٠٠٣)

هذا وتعد الولايات المتحدة الأمريكية من أوائل الدول – في التاريخ الحديث – التي قامت بعملية استكشاف الجيرمبلازم خارجيًا، وجمعه على أسس واضحة، وقد قدم Perdue & Christenson (١٩٨٩) عرضًا وافيًا للرحلات التاريخية التي نظمتها وزارة الزراعة الأمريكية لهذا الغرض.



شكل (١٢-١): نقوش قدماء المصريين الخاصة برحلة جمع نبات البخور من بلاد البونت



شكل (١٢-٢) نقوش جدارية على أحد المعابد الفرعونية لبذور ونباتات جمعت من سوريا فى عهد تحتمس الثالث حوالى عام ١٤٥٠ قبل الميلاد

المنظمات والمؤسسات الوطنية والدولية المعنية باستكشاف الجيرمبلازم وجمعه

إن استكشاف الجيرملازم - سواء أكان ذلك داخليًا، أم خارجيًا يتطلب أن يكون الباحث على دراية واسعة بعلم تقسيم النبات، وبالاختلافات الوراثية المتوفرة من المحصول ويفضل أن يقوم مربى النبات نفسه بعملية البحث عن الجيرمبلازم وجمعه، لأنه أكثر من غيره تقديرا وتفهمًا لأهمية هذا العمل. هذا . إلاّ أن عملية الاستكشاف نادرًا ما تجرى على أساس فردى، وإنما تكون - غالبًا - عمل جماعى تدعمه وتخطط له منظمات ومؤسسات وطنية أو دولية

وقد سبق أن أوضحنا أن استكشاف الجيرمبلازم لم يبدأ بصورة منظمة وعلى نطاق واسع إلا بعد انتهاء الحرب العالمية الثانية، بعد أن بدأ العلماء فى إثارة موضوع تعرية الجيرمبلازم فى المحافل الدولية

المنظمات الدولية المهتمة بالجيرمبلازم

بدأ اهتمام منظمة الأغذية والزراعة الدولية بالجيرمبلازم فى عام ١٩٤٧، حينما أوصت إحدى اللجان المتفرعة عن المنظمة (لجنة السلالات النباتية والحيوانية) بتوفير المعلومات عن السلالات النباتية، وحرية تبادلها بين جميع أنحاء العالم. وعقد قسم إنتاج ووقاية النبات التابع للمنظمة أول اجتماع فنى له حول استكشاف النباتات وإدخالها فى عام ١٩٦١، وأوصى بإنشاء مراكز استكشاف Exploration Centers فى أجزاء مختلفة من العالم. كما عقدت المنظمة مؤتمرًا فنيًا حول استكشاف الثروة الوراثية النباتية واستعمالها، وحفظها عام ١٩٦٧، ونشرت وقائعه بعد ذلك (Frankel & Bennett ١٩٧٠)، ثم عقد المؤتمر الثانى فى عام ١٩٧٣ (Frankel & Hawkes ١٩٧٥) والثالث فى عام ١٩٨١.

وتعد الكتب التى نشرت فيها وقائع هذه المؤتمرات من أفضل ما صدر مبكرا عن موضوع استكشاف الجيرمبلازم وجمعه وحفظه، وقد كان لمنظمة الأغذية والزراعة الدولية أنشطة أخرى مهمة فى هذا المجال، منها: نشر الـ Plant Genetic Resources Newsletter، وإنشاء وحدة البيئة المحصولية والثروة الوراثية FAO Unit of Crop Ecology and Genetic Resources، وإنشاء هيئتين من الخبراء Expert Panels للثروة الوراثية النباتية، كان لهما عديد من الأنشطة فى هذا المجال.

المجموعة الاستشارية للبحث الزراعى الدولى

تأسست المجموعة الاستشارية للبحث الزراعى الدولى The Cosnultative Group on International Agricultural Research (تكتب اختصارًا CGIAR) سنة ١٩٧١، بإشراف مشترك من البنك الدولى، ومؤسسة الأغذية والزراعة الدولية، وبرنامج التنمية الإنمائى للأمم المتحدة (UNDP)، وبتمويل من المؤسسات الخاصة مثل فورد، وركفللر، وكيلوج، ومن الـ UNDP، والبنك الدولى. وتهدف هذه المجموعة إلى زيادة الإنتاج الزراعى فى دول العالم الثالث، من خلال أنشطة عدة معاهد، ومراكز بحثية لمختلف المحاصيل والحيوانات الزراعية، والمجلس الدولى للثروة الوراثية النباتية International Board for Plant Genetic Resources (يكتب اختصارًا: IBPGR)

المجلس الدولي للثروة الوراثية النباتية

أنشئ المجلس الدولي للثروة الوراثية النباتية في عام ١٩٧٣، وكان له أنشطة متعددة، من أهمها إقامة اللجان الاستشارية المحصولية، والتعاون مع المؤسسات الوطنية في مختلف البلدان، وتوفير الدعم للمهمات الاستكشافية عن الجيرمبلازم في أنحاء متفرقة من العالم، ووضع الضوابط لعملية جمع، وتوثيق، وحفظ الجيرمبلازم في جميع مراحلها، وإقامة الندوات وتدريب العاملين في هذا المجال

هذا ويعرف الـ IBPGR حاليًا باسم المعهد الدولي للثروة الوراثية النباتية International Plant Genetic Resources Institute (اختصارًا IPGRI)، وتتضمن الشبكة المتعاونة معه أكثر من ٦٠٠ معهد في أكثر من ١٠٠ دولة

مراكز شبكة معلومات المجموعة الاستشارية للبحث الزراعي الدولي

تتضمن مراكز شبكة معلومات المجموعة الاستشارية للبحث الزراعي الدولي (CGIAR) التي لها اهتمامات بجيرمبلازم المحاصيل الزراعية - ما يلي

١ معهد بحوث الأرز الدولي International Rice Research Institute (يكتب اختصارًا IRRI)

ويوجد المعهد في Los Banos بالفيليبين، ويهتم بتحسين محصول الأرز من كافة الوجوه تتوفر لدى المعهد أعداد هائلة من سلالات الأرز الـ *indica*، والـ *japonica* التي جمعها من جنوب آسيا، وجنوب شرقها، وشرقها أما سلالات الأرز الغرب - أفريقية فإنها تحفظ في المعهد الدولي للزراعة الاستوائية، كما تخزن سلالات الأرز الـ *japonica* في اليابان ويحتفظ المركز بأكثر من ٣٠٠٠٠ سلالة من الأرز

٢ - المركز الدولي لتحسين الذرة والقمح The International Maize and Wheat Improvement Center (يكتب اختصارًا: CIMMYT).

يوجد المركز في El-Batan بالمكسيك، ويهتم بجيرمبلازم، وتحسين الذرة والقمح

٣ - المركز الدولي للزراعة الاستوائية The International Center For Tropical Agriculture (يكتب اختصارًا CIAT)

يوجد المركز في Palmira بكولومبيا، ويهتم بجيرمبلازم، وتحسين كل من الكاسافا

والفاصوليا، والنباتات الرعوية من النجيليات والبقوليات. ويحتفظ المركز حاليًّا بأكثر من ٣٥٠٠٠ سلالة من الجنس *Phaseolus*

٤ – المعهد الدولى للزراعة الاستوائية The International Institute of Tropical Agriculture (يكتب اختصارًا: IITA):

يوجد المعهد فى Ibadan بنيجيريا. ويهتم بجيرمبلازم الأرز الأفريقى والمحاصيل الجذرية، واللوبيا، وبعض النباتات الأخرى الشائعة فى المنطقة غير الذرة الرفيعة والدخن.

٥ – مركز البطاطس الدولى The International Potato Center (يكتب اختصارًا: CIP).

. يوجد فى Lima ببيرو، ويهتم بجيرمبلازم البطاطس والأنواع البرية القريبة التى جمع منها أكثر من ٣٥٠٠ سلالة (عن Brown ١٩٩٩)

٦ – معهد بحوث المحاصيل الدولى للمناطق الاستوائية شبه الجافة The International Crop Institute for the Semi-Arid Tropics (يكتب اختصارًا: ICRISAT):

يوجد المعهد فى Hyderabad فى الهند، ويهتم بجيرمبلازم المحاصيل المقاومة للجفاف خاصة. الذرة الرفيعة، والدخن، وبسلة تشك، والفول السودانى، وبسلة بيجون

٧ – المركز الدولى للبحوث الزراعية فى المناطق الجافة The International Center for Agricultural Research on Dry Areas (يكتب اختصارًا ICARDA):

يوجد المركز فى حلب بسوريا، ويهتم بجيرمبلازم الشعير، والعدس، والفول، والقمح الـ durum، وبسلة تشك.

٨ – المركز الآسيوى لبحوث وتطوير الخضر The Asian Vegetable Research and Development Center (يكتب اختصارًا: AVRDC).

يوجد فى تايوان، وبرغم أنه يرتبط بشبكة معلومات الـ CGIAR إلا أنه لا يعد – رسميًا – جزءًا منها، ويهتم بجيرمبلازم وتحسين الفلفل (يحتفظ بأكثر من ٣٠٠٠

سلاتة)، والطماطم، وفول الصويا، والكرنب الصينى، والبطاطا، وفاصوليا المنج، وعدة محاصيل خضر أخرى

٩ - رابطة تطوير الأرز الغرب أفريقية The West African Rice Development Association

ترتبط الرابطة بشبكة معلومات الـ CGIAR إلا إنه ليس من مهامها حفظ الجيرمبلازم

١٠ – مركز البحث والتدريب الزراعى الاستوائى Tropical Agricultural Research and Training Center (اختصارا CATIE) يوجد فى Turrialba بكوستريكا

١١ – معهد البحث الزراعى الإقليمى الإيجى Aegean Regional Agricultural Research Institute ومقره إزمير بتركيا (عن Agrawal ١٩٩٨)

شبكات المعلومات الإقليمية

تولت المجموعه الاستشارية للبحث الزراعى الدولى IBPGR مسئولية إنشاء عدة شبكات للمعلومات تغطى كل منها عدة دول فى شبكة إقليمية Regional Networks كما يلى

أوروبا

بدأ العمل فى جمع الجيرمبلازم والاهتمام به منذ أيام فافيلوف فى معهد النباتات Institute of Plant Industry بلينينجراد، ثم أنشئت شبكة معلومات لبنوك الجينات الأوروبية بفضل جهود الرابطة الأوروبية لبحوث تربية النباتات The European Association for Research on Plant Breeding (اختصارًا EUCARPIA) ضمت ما يلى

أ - بنك الجيرمبلازم The Insituto del Germplasma فى Bari بإيطاليا.

ب – بنك جينات البطاطس الهولندى الألمانى Dutch/German Potato Gene Bank ومقره Braunschweig بألمانيا

جـ - بنك الجينات الجرمانى Nordic Gene Bank ومقره Lund بالسويد

د – بنك للجينات فى Kew بالملكة المتحدة، وبنك جينات الخضر بمحطة بحوث الخضر الوطنية National Vegetable Research Station فى Wellesbourne بالملكة المتحدة أيضًا

وقد أنشئت بنوك أخرى للجينات فى دول غرب أوروبا، بكل من Braga فى البرتغال، ومدريد بإسبانيا، و Thessaloniki باليونان، ونيقوسيا بقبرص، و Wageningen بهولندا، و Gembloux ببلجيكا، و Montpellier بفرنسا. كما اتخذت خطوات لربط شبكات المعلومات التى توجد فى دول شرق أوروبا بتلك التى توجد فى دول غرب أوروبا وتوجد بنوك الجينات فى أوربا الشرقية فى كل من ليننجراد بروسيا، و Gatersleben بألمانيا، و Radzikow ببولندا، وبراغ بتشيكوسلوفاكيا (سابقًا) و Tapioszele بالمجر، و Fundulea برومانيا، و Plovidiv ببلغاريا.

٢ - جنوب شرق آسيا.

٣ – جنوب غرب آسيا.

٤ – جنوب آسيا.

٥ – حوض البحر الأبيض المتوسط.

ولمزيد من المعلومات عن المؤسسات الدولية وشبكات المعلومات المهتمة بالجيرمبلازم يراجع كل من: Zeven & Harten (١٩٧٩)، و Hawkes (١٩٨٣).

برامج وبنوك الجينات الوطنية

على الرغم من أن بنوك الجينات الأوروبية ترتبط معًا بشبكة معلومات .. إلا أن جميعها بنوك وطنية. وتوجد برامج وبنوك جينات وطنية أخرى فى كل من الولايات المتحدة الأمريكية، والاتحاد السوفيتى، وكندا، واستراليا، واليابان، والصين، والبرازيل، ودول أخرى كثيرة سوف يأتى بيانها

مجموعات الجيرمبلازم التى تحتفظ بها بعض البنوك الوطنية

تتوفر مجموعات ضخمة من جيرمبلازم عديد من الأنواع النباتية فى بنوك الجيرمبلازم الوطنية فى كل من: بلجيكا (الفاصوليا واللوبيا)، وبلغاريا (الفلفل،

واللوبيا، والقرعيات، والفول الرومي، والبصل، والبسلة، والفاصوليا، والبطاطس، وفول الصويا، والطماطم)، وشيلي (البطاطس)، وكولومبيا (الجنس *Allium*، والفلفل، والقرعيات، والذرة، والفاصوليا، والبطاطس، والطماطم)، والحبشة (الصليبيات، والقرعيات، والفول الرومي، والبسلة، والفلفل، والذرة، والفاصوليا). وفرنسا (الفلفل، والباذنجان، والقاوون، والطماطم)، وألمانيا (القرعيات، والفول الرومي، والفاصوليا، والطماطم، والبنجر، والصليبيات). والمجر (البنجر، والصليبيات، والفلفل، والفول الرومي، والترمس، والبسلة، والفاصوليا، والسورجم، وفول الصويا، والخس، والذرة الشامية، والبصل، والطماطم)، وإيطاليا (الفول الرومي، والبسلة، والطماطم)، وهولندا (الفلفل، والباذنجان، والخس، والقاوون، والبسلة، والفاصوليا)، ونيجيريا (الـ *Amaranthus*، والفلفل، والقرعيات، والباميا، والبصل، والطماطم)، وبيرو (الفلفل، والقرعيات، والطماطم)، والفيليبين (الفلفل، واللوبيا، والقرعيات، والباذنجان، والباميا، وفول الصويا، والطماطم، والفاصوليا المجنحة)، وجنوب أفريقيا (الصليبيات، واللوبيا، والقرعيات، والبصل، والفاصوليا، وفول الصويا، والطماطم)، وتركيا (البنجر، والصليبيات، والفلفل، والقرعيات، والفاصوليا، والسبانخ)، والمملكة المتحدة (البنجر، والصليبيات، والجزر، والفول الرومي، والخس، والفجل) (عن Kalloo ١٩٨٨)

معهد فافيلوف الروسي

يعتبر معهد فافيلوف الروسي N. I. Vavilov All-Russian Scientific Research Institute of Plant Industry هو المسئول عن تجميع الجيرمبلازم من داخل الاتحاد السوفيتي – سابقاً – وخارجه، ويتبعه ٢٥ محطة بحوث، تنتشر في أنحاء متفرقة من الدولة. ويقوم المعهد بجمع ما يقرب من ١٢٠٠٠–١٦٠٠٠ سلالة بذرية وخضرية سنويًا، وهو يحتفظ بأكثر من ٣٢٥٠٠٠ سلالة من كافة المحاصيل، تمثل أكثر من ٢٥٠٠ نوع نباتي، ويرسل عينات منها لمن يطلبها بحرية تامة، ويحتفظ بالسلالات البذرية في أوعية غير منفذة للرطوبة، على درجة حرارة تتراوح من صفر –٤°م، كما يقوم المعهد بإكثار هذه السلالات وتقييمها. ولمزيد من التفاصيل الخاصة بهذا الأمر. يراجع Brezhnev (١٩٧٥)، و Alexanian (١٩٩٤).

جهاز الجيرمبلازم الوطنى الأمريكى

يعتبر جهاز الجيرمبلازم الوطنى الأمريكى من أكبر وأنجح أجهزة الجيرمبلازم فى العالم؛ لذا سنتناوله بشئ من التفصيل.

جهاز جيرمبلازم النباتات الوطنى فى الولايات المتحدة (مثال)

يعتبر جهاز جيرمبلازم النباتات الوطنى The National Plant Germplasm System (يكتب اختصارا NPGS) فى الولايات المتحدة أحد المكونات الرئيسية لشبكة معلومات جيرمبلازم النباتات الدولية. ويوجد تنسيق بينه وبين المجلس الدولى للثروة الوراثية النباتية IBPGR

يحتفظ الجهاز – حاليًا – بأكثر من ٥٥٠٠٠٠ سلالة نباتية على شكل بذور أو نباتات خضرية، تزيد بمعدل ٧٠٠٠–١٥٠٠٠ سلالة سنويًا، كما تحتفظ بعض تعاونيات وراثة النباتات وتحسينها، ومخزن البذور الوطنى National Seed Storage Laboratory (يكتب اختصارًا: NSSL) الأمريكى بأعداد إضافية من السلالات.

تتكون البنية الأساسية لهذا الجهاز من أربعة مكونات رئيسية، كما يلى.

أولاً: إدخال النباتات

يشرف على إدخال النباتات Plant Introduction فى الولايات المتحدة مكتب إدخال النباتات The Plant Introduction Office الذى يعد جزءا من معهد وراثة وجيرمبلازم النباتات Plant Genetics and Germplasm Institute (يكتب اختصارًا. PGGI) فى Beltsville بولاية ميرلاند، وهو الذى يتبع وزارة الزراعة الأمريكية USDA يسجل المكتب أية سلالة جديدة تدخل الولايات المتحدة تحت رقم خاص بها Plant Introduction (أو PI).

وقد بدأ تطبيق نظام أرقام الـ PIs فى سنة ١٨٩٨، ولا يعطى أى رقم إلا مرة واحدة، حيث يتم عمل قوائم مرقمة تحت العنوان العام: Plant Inventory، تضم كل قائمة منها عدة آلاف من الـ Plant Introductions، مع إعطاء بيانات كاملة عن كل واحد منها (مثلاً يشمل الـ Plant Inventory No. 196 على جميع الـ Plant Introductions التى

حصل عليها من ١ يناير إلى ٣١ ديسمبر ١٩٨٧، وهي من أرقام ٥٠٦٢١٩ إلى ٥١٤٢٧٥)

هذا ولا يحتفظ مكتب إدخال النباتات بأية سلالات لديه وإنما يتولى توزيعها على المحطات والمراكز المختصة مباشرة يتبع الـ PGGI – أيضا – مختبران، ومحطه إدخال للنباتات وبتولى مختبر تقسيم النباتات The Plant Taxonomy Laboratory التعرف على النباتات التي تدخل جهاز الجيرمبلازم الوطني، ويعطيها الأسماء العلمية الصحيحة. كما يشارك في رحلات استكشاف النباتات أما مختبر النباتات الاقتصاديه The Economic Botany Laboratory . فإنه يموم بدراسة التوزيع الجغرافي والبيئي للأنواع المحصولية

وتقوم محطة إدخال النباتات The Plant Introduction Station في Glenn Dale بولاية ميرلاند بتوزيع أجزاء التكاثر الخضرية الخالية من الآفات، التي تخضع للحجر لزراعي من كل من الفاكهه، ونباتات الزينة الخشبية، وبعض الخضروات أما محطه فحص النباتات Plant Inspection Station في واشنطن العاصمة. فإنها نقوم بفحص الأجزاء النباتية ظاهريًا؛ للتأكد من خلوها من الحشرات ومسببات الأمرض، أما الأمراض التي تحمل – داخليًا في البذور .. فإنه لا يمكن التعرف عليها إلا بعد زراعة عينة منها، ويجرى ذلك داخل بيوت محمية في محطات إدخال النباتات الإقليمية

تقوم محطة إدخال النباتات في ميامي The Plant Introduction Station at Miami بولاية فلوريدا -- وهي جزء من محطة بحوث المحاصيل البستانية تحت الاستوائية التابعة لوزارة الزراعة الامريكية – بمهمة تقييم، وإدامة أصناف وسلالات بعض المحاصيل تحت الاستوائية؛ مثل المانجو، والأفوكادو، والبن، والكاكاو

وتتولى أربع محطات إدخال نباتات إقليمية Regional Plant Introduction Stations (يكتب اختصارا: RPIS) مهمة إدامة جيرمبلازم النباتات، وتقييمه، وهي كما يلي

١ محطة إدخال النباتات الإقليمية في Geneva بنيويورك (Northeastern RPIS)، ويدخل ضمن مسئولياتها محاصيل البصل، والبسلة، والبروكولي، وعشب التيموثي timothy، والطماطم

٢ – محطة إدخال النباتات الإقليمية فى Experiment بولاية جورجيا (Southern RPIS)، ويدخل ضمن مسئولياتها اللوبيا، والدخن، والفول السودانى، والذرة الرفيعة، والفلفل

٣ - محطة إدخال النباتات الإقليمية فى Ames بولاية أيوا (North Central RPIS) ويدخل ضمن مسئولياتها البرسيم الحجازى، والذرة، والبنجر، والخيار، والقاوون

٤ – محطة إدخال النباتات الإقليمية فى Pullman بولاية واشنطن (Western RPIS)، ويدخل ضمن مسئولياتها الفاصوليا، والكرنب، والعكرش Fescue، والقمح، والعدس، والخس، والقرطم، والحمص

وتوجد محطة إدخال أخرى غير إقليمية، هى محطة إدخال البطاطس Interregional Potato Introduction Station فى Sturgeon Bay بولاية وسكنسن، وهى تركز على المحافظة على جيرمبلازم سلالات البطاطس، وتحسينها، لتلبية احتياجات مربى المحصول وتحتفظ هذه المحطة بأكثر من ٣٠٠٠ سلالة خضرية من الجنس *Solanum*، تمثل مالا يقل عن ٩٢ من الأنواع التى تكون درنات، وتحفظ البذور الحقيقية لنحو ٧٠٪ منها فى مخزن البذور الوطنى

ثانياً: مجموعات النباتات

تتولى مسئولية حفظ مختلف المجموعات النباتية Plant collections بالولايات المتحدة الأمريكية عدة مؤسسات وطنية، من أهمها ما يلى:

١ - مخزن البذور الوطنى

تشرف وزارة الزراعة الأمريكية على مخزن البذور الوطنى National Seed Storage Laboratory فى Fort Collins بولاية كلورادو، الذى أنشئ فى سنة ١٩٥٨ ليتسع لنحو نصف مليون عينة بذور من السلالات النباتية التى تخزن فيه على ٤.٤°م (٤٠°ف)، و ٣٢٪ رطوبة نسبية، ويمكن خفض درجة الحرارة فى ثلاث غرف من غرف المخزن إلى –١٢.٢°م (١٠°ف) إذا دعت الحاجة إلى ذلك.

ويقوم المخزن بحفظ القاعدة العريضة للمجموعات النباتية فى الولايات المتحدة، مثل السلالات الرئيسية من الـ PIs، والأصناف المنتجة حديثًا، والأصناف التى لم تعد

مستعملة في الزراعة، وسلالات الآباء لهجن النباتات الخلطية التلقيح، وغيرها من السلالات المستعملة لأغراض الدراسات الوراثية، أو كعوائل مفرقة differential hosts لسلالات المسببات المرضية، أو لأغراض حفظ حقوق المربى فى الأصناف والسلالات المسجلة. ويحتفظ المخزن – حاليًّا – بأكثر من ٢٥٠٠٠٠ سلالة نباتية من حوالى ٤٠٠ جنسًا، ونحو ٢٠٠٠ نوع، بغرض تخزينها فقط؛ إذ ليس من مهامه توزيع السلالات على الراغبين فى الحصول عليها من مربى النبات، لأن معظم السلالات التى توجد فيه توجد – أيضا – فى أماكن أخرى، وهى التى تقوم بمهمة التوزيع.

ونظرًا لأن التخزين يكون تحت ظروف جيدة، لذا .. فإن السلالات لاتعاد زراعتها لحفظ حيويتها إلا على فترات طويلة، وهو ما يقلل كثيرا من احتمالات تغيرها وراثيًا. وتختبر حيوية البذور على فترات منتظمة، وتتم إعادة الزراعة – عند الضرورة – فى المناطق المناسبة لكل محصول بتعاقدات خاصة مع المخزن. ومن مهام المخزن – أيضًا – مدّ المحطات والمراكز المسئولة عن المجموعات الأخرى بعينات صغيرة من السلالات التى تفقد لديهم.

٢ - مستودعات السلالات الخضرية

تقوم مستودعات السلالات الخضرية الوطنية National Clonal Repositories بمهمة إكثار وإدامة عدد من النباتات، التى تتكاثر – خضريًا – من الفاكهة، والنقل، ونباتات أخرى خاصة، كما يدخل – أيضا – ضمن مهامها جمع جيرمبلازم هذه النباتات من جميع أنحاء العالم وتقييمه.

ومن هذه المستودعات تلك التى توجد فى المدن التالية:

أ – Corvallis بولاية أوريجون، حيث يوجد الـ Northwest Clonal Repository، الذى يتولى مسئولية جيرمبلازم الكمثرى، والبندق، والثمار الصغيرة، وحشيشة الدينار، والنعناع.

ب – Davis بولاية كاليفورنيا، حيث يوجد الـ Fruit and Nut Germplasm repository، الذى يتولى مسئولية جيرمبلازم العنب، والفاكهة ذات النواة الحجرية، والنقل.

جـ – Miami بولاية فلوريدا، ويتولى مسئولية جيرمبلازم بعض الفاكهة الاستوائية، وشبه الاستوائية، وقصب السكر

د – Indio بولاية كاليفورنيا، ويتولى مسئولية جيرمبلازم نخيل البلح

هـ – Mayaguez فى بورتريكو (معهد مياجويز للزراعة الاستوائية Mayaguez Institute of Tropical Agriculture) ويتولى مسئولية الفاكهة الاستوائية والمحاصيل الصناعية

و – جينيفا بولاية نيويورك، ويتولى مسئولية جيرمبلازم العنب والتفاح

ز – هيلو بولاية هاواى، ويتولى مسئولية جيرمبلازم الباباظ، والجوافة، والأناناس، وبعض النباتات الاستوائية الأخرى

حـ برون وود بولاية تكساس، ويتولى مسئولية جيرمبلازم البيكان، والكستناء، والجوز

ط – ريفر سايد بولاية كاليفورنيا، ويتولى مسئولية جيرمبلازم البلح، والموالح

ى - يحتفظ فى الـ Sweetpotato Clonal Repository – بمحطة التجارب الإقليمية فى Griffin بولاية جورجيا الأمريكية – بجيرمبلازم البطاطا على صورة مزارع قمة ميرستيمية خالية من الفيروسات، وذلك فى ظروف محدَّدة للنمو، وتعاد زراعتها كل ٦–١٨ شهرًا (Jarret ١٩٨٩)

وبالإضافة إلى ما تقدم بيانه فإنه توجد مؤسسات أخرى لا يطلق عليها اسم "مستودعات" للجيرمبلازم، ولكنها تهتم – هى الأخرى – بجمع وحفظ الجيرمبلازم لأنواع نباتية تتكاثر خضريًّا، ومنها:

أ – المشجر الوطنى The National Arboretum فى واشنطن العاصمة، ويهتم بجيرمبلازم نباتات الزينة الخشبية

ب – المشروع البحثى بين الإقليمى The Interregional Research Project فى استرجيون باى Sturgeon Bay بولاية وسكنس، ويهتم بالبطاطس.

٢ - المجموعات النباتية

يمكن تقسيم المجموعات النباتية التى تتوفر فى مختلف المؤسسات بالولايات المتحدة إلى ثلاث فئات، كما يلى:

أ – مجموعات نباتية محصولية خاصة . ومن أمثلتها، ما يلى

(١) مجموعة الحبوب الصغيرة الوطنية The National Small Grains Collection فى أبردين بولايه أيداهو، وتهتم بجيرمبلازم الحبوب الصغيرة. تضم المجموعة أكثر من ١٠٠٠٠٠ سلالة من القمح، والشعير، والزمير، والأرز، والسيلم، و *Aegilops*، وتزيد مجموعة القمح وحدها على ٤٠٠٠٠ سلالة، ومجموعة الشعير على ٤٠٠٠٠ سلالة.

(٢) أوربانا Urbana بولاية إلينوى: فول الصويا

(٣) كولج استيشن College Station بولاية تكساس: القطن (عن Poelham & Sleeper ١٩٩٥).

ب – مجموعات نباتية عملية

أما المجموعات النباتية العملية Working Collections فهى مجموعات من جيرمبلازم محاصيل معينة، والأنواع النباتية القريبة منها، يُحْتفظ بها لتلبيه الاحتياجات اليومية لمربى النبات وغيرهم من علماء النبات الذين قد يرغبون فى استعماله للأغراض البحثية.

ويعنى جهاز جيرمبلازم النبات الوطنى NPGS بأن تسجل هذه المجموعات، ويحتفظ بعينات منها فى مخزن البذور الوطنى. ويكون لكل مجموعة محصولية عالما قيّمًا عليها curator، يتولى مسئولية المحافظة على السلالات، وإعادة زراعتها عند الضرورة، وحمايتها، وتوزيع عينات منها على الراغبين فى استعمالها، وتخزينها تحت ظروف جيدة (درجة حرارة ٥ ٥°م، ورطوبة نسبية ٤٠٪)، أو إيداعها أحد مستودعات جيرمبلازم النباتات الخضرية التكاثر، وتحديث قائمة سلالات المجموعة أولا بأول.

وتوجد هذه المجموعات فى محطات الإدخال الإقليمية وغيرها من المحطات المهتمه بالمجموعات النباتية. ويكون القيّم مسئولاً عن إرسال فائض البذور المكثرة من كل سلالة إلى مخزن البذور الوطنى. تحتفظ هذه المحطات بأعداد كبيرة من سلالات الأنواع المحصوليه. منها – على سبيل المثال – ما يربو كثيرا (حاليّا) على ٦٠٠٠ سلالة فاصوليا، و ٤٨٠٠ سلالة طماطم، و ١٨٠٠ سلالة فلفل، و ١٧٠٠ سلالة قاوون، و ١٥٠٠ سلالة بسلة، و ١٣٠٠ سلالة لوبيا (Hyland ١٩٧٥، و Fehr ١٩٨٧).

جـ - مجموعات جمعيات وتعاونيات مختلف المحاصيل.

تعتبر المجموعات النباتية التى تقوم بجمعها وتحتفظ بها جمعيات وتعاونيات المشتغلين بوراثة المحاصيل وتحسينها جزءًا هامًا من جهاز جيرمبلازم النبات الوطنى NPGS، ويستفيد منها المشتغلون بهذه المحاصيل فى جميع أنحاء العالم لأغراض التعليم، والبحث فى مجالات التربية، والوراثة، والسيتولوجى، والفسيولوجى، والوراثة الجزيئية.

وقد سبق أن ذكرنا فى الفصل الأول أسماء معظم هذه التعاونيات، ونذكر فيما يلى أعداد السلالات الوراثية genetic stocks، التى تحتفظ بها بعضها.

المحصول	الحد الأدنى لعدد السلالات المحتفظ بها	التعاونية الوراثية أو مكان وجود السلالات
الشعير	٣٠٠٠	قسم المحاصيل بجامعة ولاية كلورادو فى Fort Collins
القطن	٣٠٠	مختبر المحاصيل الحقلى بجامعة Texas A & M فى College Station
الشوفان	٢٠٠	مجموعة الحبوب الصغيرة فى Beltsville بولاية ميرلاند
البسلة	٥٠٠٠	قسم علوم البذور والخضر بمحطة تجارب ولاية نيويورك الزراعية فى Geneva
الذره	٥١٠٠٠	قسم المحاصيل بجامعة إلينوى فى Urbana
الطماطم والأنواع البرية القريبة	١٧٠٠	قسم محاصيل الخضر بجامعة كاليفورنيا فى Davis
القمح	٦٠٠	جامعة ميسورى فى Columbia

ثالثاً: نظام المعلومات

نظرا للكثرة الهائلة لأعداد السلالات المحتفظ بها، والبيانات المسجلة عن كل منها، لذا . ظهرت الحاجة إلى تنمية نظام للمعلومات Information System قائم على استعمال الحاسب الآلى، وهو ما أدى إلى تكوين مشروع معلومات ثروة الجيرمبلازم Germplasm Resources Information Project، الذى استكمل تكوين شبكة معلومات ثروة الجيرمبلازم Germplasm Resources Information Network.

رابعاً: المجموعات الاستشارية

تخدم عديد من المجالس واللجان كمجموعات استشارية Advisory Groups لثروة الجيرمبلازم، وهي كما يلي:

١ - مجلس الثروة الوراثية النباتية الوطني The National Plant Genetic Resources Board وهو يهتم بالجيرمبلازم على مستوى الدولة.

٢ - لجنة جيرمبلازم النباتات الوطنية The National Plant Germplasm Committee.

٣ - اللجان الفنية الإقليمية Regional Technical Committees على مستوى محطات الإدخال الإقليمية.

٤ - لجان المحاصيل الاستشارية Crop Advisory Committees على مستوى المحاصيل.

٥ - المجلس الدولي للثروة الوراثية النباتية IBPGR الذي يتبع المجموعة الاستشارية للبحث الزراعي الدولي (CGIAR) الذي يربط بين جهاز جيرمبلازم النبات الوطني NPGS، وشبكة الجيرمبلازم العالمية (Skardla ١٩٧٥، و Hyland ١٩٧٥، و Fehr ١٩٨٧).

ولمزيد من التفاصيل عن جهاز الجيرمبلازم الوطني في الولايات المتحدة الأمريكية يوصى بالرجوع إلى White وآخرين (١٩٨٩)، الذين تناولوا الموضوع بالشرح المسهب.

خطوات عملية استكشاف وإدخال النباتات

تحتاج عمليات استكشاف وإدخال النباتات إلى التخطيط الدقيق المسبق قبل القيام بأية رحلة خارجية لهذا الغرض.

ومن بين الأمور الهامة التي يجب أخذها في الحسبان، ما يلي (عن Perdue & Christenson ١٩٨٩):

١ - تحديد القائمين بالرحلة، ومكانها، وزمانها، والجيرمبلازم المستهدف جمعه، ولماذا وكيف سيتحقق ذلك؟، ومن هم المستفيدون منه؟

٢ – تحديد احتياجات الجيرمبلازم والمقدار الذى يعد كافيًا، وهو أمر يصعب غالبًا حسمه

٣ – التنبؤ بالصعوبات التى يمكن أن تواجه الرحلة وتوفير الاستعدادات التى تلزم لتفاديها أو تقليل أضرارها وأخطارها.

٤ – الحصول على كافة التأشيرات اللازمة للرحلة من واقع الخرائط المفصلة للمناطق المزمع زيارتها.

٥ – الاستعداد بكافة المواد والأجهزة والأدوات التى تلزم الرحلة.

٦ – الانتباه إلى مواعيد العطلات المحلية.

ونفصل – فيما يلى – الأمور العلمية والعملية التى يقوم بها القائمون بعملية استكشاف وإدخال النباتات.

أولاً: الحصر

يلزم – أولاً – عمل حصر بتوزيع الاختلافات، والمناطق المهددة بالتعرية الوراثية، واحتياجات مربى النبات، والأنواع النباتية القريبة من المحصول المزروع. ويتطلب الأمر دراسة القرابة النباتية بين المحصول والأنواع الأخرى القريبة، التى قد تكون مصدرًا لصفات مهمة، والعلاقة التطورية بين بعضها البعض، ويعنى ذلك أن يكون القائمون على عملية الحصر على دراية تامة بتقسيم النبات، والصفات المحصولية المعروفة والمطلوبة.

كما يجب أن يشمل الحصر طرز "الحشائش" المحصولية أيضًا، التى كثيرًا ما تستخدم كمصدر لصفات هامة، خاصة المقاومة للآفات. ويعطى Leppik (١٩٧٠) المراكز التى تتوفر فيها مصادر المقاومة لمختلف الأمراض النباتية.

وإلى جانب الأنواع المزروعة والقريبة منها . فإن جزءًا من الاهتمام يجب أن يوجه نحو الأنواع البرية التى لا يستعملها الإنسان فى الوقت الحاضر. ورغم أن هذه الأنواع ربما لا تكون معرّضة – حاليًا – لخطر الاندثار . إلا أن ذلك قد يحدث – مستقبلاً – فى الوقت الذى قد تستعمل فيه بعض هذه الأنواع – مستقبلاً – كغذاء، أو فى الأغراض الصناعية.

ثانياً: الاستكشاف والجمع

تتم عمليتا الاستكشاف والجمع فى وقت واحد – عادة – إلا إذا تأخر الجمع لحين نضج الثمار، حيث يعهد بعملية الجمع – حينئذ – إلى أحد الفنيين المقيمين فى المنطقة ويجب أن تكون المهمة الرئيسية للمستكشف هى تمثيل الاختلافات المشاهدة تمثيلا صادقاً بأقل عدد من العينات، مع أخذ كمية كافية من البذور أو الجزء النباتى المستخدم فى التكاثر فى كل عينة.

ويجب أن تشمل العينات جميع الطرز النباتية الموجوده فى المنطقة، وألاّ يقتصر الاهتمام على النباتات ذات الصفات الجيدة الواضحة فقط، فكم من عينات لم يكن فى مظهرها ما يدل على وجود أية قيمة لها حينما جمعت، ثم اتضحت أهميتها فيما بعد، ونذكر مثالا على ذلك – سلالة القمح رقم P I 178383، التى جمعت من تركيا فى سنة ١٩٤٨، وكانت صفاتها تبدو رديئة، فسيقانها طويلة ورفيعة وتميل إلى الرقاد بشدة، وكانت قابلة للإصابة بصدأ الأوراق Leaf Rust، ولا تتحمل برودة الشتاء، ويصعب ارتباعها، كما لم تكن صفات الخبز المصنع منه جيدة، وكان من نتيجة ذلك أن أهملت هذه السلاله لمدة ١٥ عامًا، إلى أن اكتشفت مقاومتها لأربع سلالات من الفطر المسبب للصدأ المخطط Stripe Rust، الذى كان قد أصبح خطيرًا فى شمال غرب الولايات المتحدة آنذاك، ثم تبين أنها مقاومة كذلك لخمس وثلاثين سلاله من الفطر المسبب للتفحم العادى Common Bunt، وعشر سلالات من الفطر المسبب لمرض التفحم والتقزم Stunt Bunt، كما تبين أنها ذات قدرة عالية على تحمل الإصابة بمرض التفحم flag smut، والعفن snow mould. وكان من نتيجة ذلك أن استعملت هذه السلالة فى عدد كبير من برامج التربيه (عن Harlan ١٩٧٥).

ومن الأمور التى تجب مراعاتها ضرورة جلب بكتيريا العقد الجذرية الخاصة بالنباتات البقولية التى تستورد لأول مرة، لأنه يوجد تخصص فسيولوجى بين الأنواع البقولية وأنواع بكتيريا الجنس *Rhizobium* التى تعيش معها تعاونيًا. ويتم ذلك بفصل الجذور التى تكثر بها العقد الجذرية، ثم تجفيفه بسرعة، دون تعريضها للحرارة، وحفظها فى حرارة منخفضة فى أوعية منفذة للرطوبة.

ويجب أن ترسل العينات التى يتم جمعها بالطائرة أولاً بأول، حتى لا تتعرض

للتلف بفعل العوامل الجوية، أو بسبب الإصابة بالحشرات. وتعطى عناية خاصة للنباتات الخضرية التكاثر، لأنها ربما لا تحتفظ بحيويتها لحين وصولها إلى محطة الإكثار، فقد تجف، أو تتعرض للإصابة بالعفن، وقد ينتهي سكونها، وتبدأ في التزريع

وقد تناول Sykes (١٩٧٥) موضوع جمع جيرمبلازم الفاكهة وحفظها من جميع الجوانب، وتطرق إلى الاستشعار عن بعد بطرق الرادار. والتصوير الجوى، بغرض حصر توزيع الاختلافات، ورصد التغيرات في النموات الخضرية، ومواعيد الإزهار، ونضج الثمار، وسقوط الأوراق، كما ناقش المؤلف طرق الحفاظ على العُقَل، ومنع جفافها لحين زراعتها، بتعريضها للضباب الصناعي mist، أو حفظها في الثلاجات . وغير ذلك من الطرق وتعد مشكلة ضخامة المساحات – التي تلزم لزراعة النباتات التي يتم جمعها – من أكبر مشاكل الاحتفاظ بجيرمبلازم نباتات الفاكهة، وهي المشكلة التي تناولها بالتحليل واقترح تطعيم نحو ٢٠٠ طعم من مختلف السلالات على كل أصل، كحل لهذه المشكلة.

هذا ولمزيد من التفاصيل عن هذا الموضوع يراجع كل من Bennett (١٩٧٠) بالنسبة لأسلوب تنظيم العمل وما يلزم من معدات، و Leon (١٩٧٤)، الذي تناول كيفية جمع جيرمبلازم عدد من النباتات الاستوائية، و Harlan (١٩٧٥) الذي شرح – عن خبرة – كيفية التجول، للبحث عن الاختلافات الوراثية من النباتات التي تتكاثر جنسيًّا، و Hawkes (١٩٧٥)، الذي تناول الموضوع بالنسبة للنباتات الخضرية التكاثر

ثالثاً: طرق أخذ العينات Sampling Techniques

يحدد المختصون الهدف عند أخذ العينات في أن يمثل كل تركيب وراثي يزيد تكراره في العشيرة الطبيعية على ٥٪ – مرة واحدة على الأقل في العينه، بنسبة تأكد إحصائية تبلغ ٩٥٪، ويوصون بأخذ عينة مجمعة، تتكون من بذور ٥٠–١٠٠ نبات معًا من كل موقع (حقل) يتم استكشافه، على أن يمثل كل نبات في العينة المركبة بخمسين بذرة، وأن تختار النباتات بطريقة عشوائية تمامًا. ورغم أنه يمكن قبول عينات قليلة متحيزة biased قد يرى المستكشف أنها متميزة مورفولوجيًا إلا أنه لا يمكن قبول

العينات التي تكون متميزة تماماً؛ لأنه لا يمكن تقدير قيمة وأهمية الاختلافات الوراثية المشاهدة بمجرد النظر إليها.

وقد قام Lawrence وآخرون (١٩٩٥أ) بدراسة الحد الأدنى لعدد النباتات التي يجب جمعها عشوائياً من أي عشيرة مع التأكد – بدرجة عالية من الاحتمال – من جمع ما لا يقل عن نسخة واحدة على الأقل من كل أليل من مختلف المواقع الجينية، وقد توصلوا إلى أن جمع بذرة واحدة من كل من ١٧٢ نبتاً بصورة عشوائية من عشيرة أحد الأنواع يكفي للمحافظة على كل الأليلات المنعزلة في العشيرة بدرجة عالية جداً من الاحتمال، شريطة ألا يقل تواتر frequency (ألا تقل نسبة) أي منها عن ٠٫٠٥، وذلك إن كانت طريقة التلقيح السائدة. وعندما تؤخذ العينات من عدد من العشائر، فإن العينة التي تسحب من أي عشيرة على انفراد لا يلزم أن تزيد عن ١٧٢ مقسوماً على عدد العشائر التي يتم الجمع منها.

وفي دراسة أخرى (Lawrence وآخرون ١٩٩٥ب) توصل الباحثون إلى أنه في الأنواع الخلطية التلقيح يكفي جمع ١٠ بذور من كل من ٢٠–٣٠ نباتاً تختار بصورة عشوائية من كل عشيرة يتم زيارتها لتمثيل كل أليلاتها بدرجة عالية من الاحتمال، مع إمكان خفض أعداد النباتات التي تجمع منها البذور إذا ما تمت زيارة أكثر من عشيرة من نفس النوع النباتي في رحلة جمع الجيرمبلازم الواحدة.

أما بالنسبة للنباتات التي تتكاثر بالدرنات فإنه يفضل أخذ عينات عشوائية ممثلة لكل الاختلافات المشاهدة من الأسواق القروية مباشرة، على اعتبار أن المزارعين قد قاموا بأنفسهم بانتخاب أكثر الطرز تأقلماً على الظروف البيئية السائدة، والمقاومة للآفات الهامة. ويجب في حالة جمع عينات النباتات الخضرية التكاثر من الحقل مباشرة عدم تركيز البحث في منطقة واحدة، حتى لا ينتهي الأمر إلى جمع نباتات من سلالة خضرية واحدة.

ويمكن – إن أمكن – جمع بذور النباتات الخضرية التكاثر، إلا أن ذلك لا يتيسر في كثير من الأحيان، فهي غالباً ما تكون عقيمة، أو عديمة التوافق. وكثير منها لا ينتج بذوراً بالمرة.

رابعاً: التوثيق الحقلى Field Documentation

يجب تحضير نماذج ملائمة، تملأ فى الموقع بالبيانات الخاصة بكل عينة يتم جمعها ويراعى – فى هذه النماذج – ألا تكون مفصلة أكثر من اللازم؛ حتى لا يضيع الوقت فى ملئها ومن أهم البيانات التى يجب أن يتضمنها النموذج: اسم القائم بعملية الجمع، ورقم العينة، والاسم العلمى للنبات، والاسم العادى للنبات، واسم المقاطعة أو البلد، وخطا الطول والعرض للموقع، وتاريخ الجمع، وارتفاع الموقع عن سطح البحر، ورقم الصورة التى التقطت للنبات، ونوع العينة النباتية (بذور أو أجزاء خضرية مختلفة)، وحال النبات (برى – صنف مزروع – حشيشة محصولية ... إلخ)، وتقدير عام لمعدل ظهور النبات فى الموقع، والصفات العامة المميزة المشاهدة، والميزات المحتملة للعينة.

خامساً: الإدخال

إن عملية إدخال النباتات تتطلب المرور بالحجر الزراعى؛ للتأكد من خلوها من الآفات الممنوع دخولها. ويتطلب ذلك عمليات الفحص الظاهرى، وزراعتها فى معزل، للتأكد من خلوها من الأمراض، وزراعة الأجزاء الخضرية تحت ظروف خاصة من العزل، مع فحصها فحصًا دقيقًا وللتفاصيل الخاصة بإجراءات وعمليات الحجر الزراعى عند إدخال النباتات .. يراجع كل من Khan (١٩٧٠)، و Hewitt & Chiarappa (١٩٧٧) كما يعطى Foster (١٩٨٨) شرحًا للنظم المتبعة فى استبعاد الآفات من العينات النباتية المتبادلة دوليًا.

الثروة النباتية العالمية المحتفظ بها

أسفرت جهود مربى النباتات، والمؤسسات والمراكز الدولية والإقليمية والوطنيه المهتمه بالمحافظة على الثروة الوراثية النباتية – فى مختلف بقاع الأرض – عن جمع حصيلة جيدة من السلالات النباتية، يحتفظ بها فى مختلف بنوك الجيرمبلازم، وتقدر – حاليًا – بنحو ستة ملايين سلالة، معظمها من الحبوب والبقول المستعملة فى غذاء الإنسان (عن Scarascia-Mugnozza & Perrino ٢٠٠٢).

وبلغة الأرقام .. ولإظهار الجهد الإنساني الضخم الذي بذل في مجال جمع الجيرمبلازم . فإننا نقدم للقارئ مجموعة من الجداول تُبرز ما يلي:

o أعداد السلالات التي جمعت (حتى أوائل تسعينيات القرن العسرين) من محاصيل الغذاء الرئيسية – على مستوى العالم كله - وتقدير لما تمثله تلك السلالات من التباينات الوراثية المتاحة من كل محصول جدول (١٢–١)

o أعداد سلالات الجيرمبلازم المحتفظ بها (حتى بداية تسعينيات القرن العشرين) من بعض المحاصيل الزراعية الرئيسية، وأعداد السلالات المتميزه والسلالات البريه من كل محصول منها (جدول ١٢ ٢)

o أعداد سلالات الجيرمبلازم المحتفظ بها في مختلف المؤسسات والمراكز الدولية والوطنية الهامة (جدول ١٢–٣)

o أعداد المجموعات وسلالات الجيرمبلازم المحتفظ بها من مختلف الأنواع المحصولية (جدول ١٢–٤)

o أعداد سلالات الجيرمبلازم – من مختلف المجموعات النباتية - المحتفظ بها في بنوك الجيرمبلازم (جدول ١٢ ٥)

o مخازن الجيرمبلازم التي تضم أكبر المجموعات على مستوى العالم (جدول ١٢ ٦)

تقييم الجيرمبلازم

إلى جانب الإكثار والحفظ (موضوع الفصل التالي) فإن المعاهد، والمراكز، والمحطات، والمستودعات، والتعاونيات التي سبق بيانها تقوم بدور رئيسي في تقييم الجيرمبلازم الذي في حوزتها – للصفات المورفولوجية الظاهرة، والصفات المحصولية أو البستانية المهمة. أما صفات المقاومة للآفات والصفات الفسيولوجية غير الظاهرة التي يحتاج تقييمها إلى اختبارات خاصة فإن مهمة تقييمها تقع على عاتق مربي النباتات، أيًا كان موقعهم؛ لذا فإن المؤسسات التي تحتفظ بالجيرمبلازم غالبا ما ترحب بإرسال عينات منه لكل من يرغب من العلماء والمختصين، لتقييمها أو إجراء الدراسات الوراثية، أو السيتولوجيه، أو الفسيولوجية عليها وتحدد نتيجة التقييم أهمية الجيرمبلازم وأوجه الاستفادة منه، الأمر الذي تطرقنا إليه في الفصل السابق

ولمزيد من التفاصيل عن الأنشطة الدولية ، والمؤسسات الوطنية والدولية العاملة فى مجال تقييم الجيرمبلازم .. يراجع Sneep & Hendriksen (١٩٧٩).

جدول (١٢-١) أعداد السلالات التى جمعت (حتى أوائل تسعينيات القرن العشرين) من محاصيل الغذاء الرئيسية – على مستوى العالم كله – وتقدير لما تمثله تلك السلالات من التباينات الوراثية المتاحة من المحصول (عن Chrispeels & Sadava ١٩٩٤).

المحصول	عدد ما تم جمعه من عينات (بالألف)	عدد ما تضمه تلك العينات من سلالات (بالألف)	تقدير ما تمثله العينات من الاختلافات (٪) على مستوى السلالات المحلية	الأنواع البرية
القمح	٤١٠	١٢٥	٩٥	٦٠
الأرز	٢٢٠	٩٠	٨٠	١٣
الذرة	١٠٠	٥٠	٩٥	١٥
فول الصويا	١٠٠	١٨	٦٠	٣٠
الشعير	٢٨٠	٥٥	٨٥	٢٠
الذرة الرفيعة	٩٥	٣٠	٨٠	١٠

جدول (١٢-٢) أعداد سلالات الجيرمبلازم المحتفظ بها (حتى بداية تسعينيات القرن العشرين) من بعض المحاصيل الزراعية الرئيسية (عن Chang ١٩٩٢).

المحصول	العدد الكلى للسلالات المحتفظ بها فى بنوك الجيرمبلازم (بالألف)	السلالات المتميزة بوضوح (بالألف)	السلالات البرية (بالألف)
القمح	٤١٠	١٢٥	١٠
الحبوب والبقول الزيتية	٢٦٠	١٣٢	١٠
الأرز	٢٥٠	١٢٠	٥
السورجم	٩٥	٣٠	٩,٥
الذرة	١٠٠	٥٠	١٥
فول الصويا	١٠٠	٣٠	٧,٥
البطاطس	٤٢	٣٠	١٥
اليام	٨,٢	٣	٠,٠٦
البطاطا	٨	٥	٠,٥٥

جدول (١٢-٣) أعداد سلالات الجيرميلازم المحتفظ بها فى مختلف المراكز الدولية والوطنيه الهامـــة (عن Chang ١٩٩٢)

المركـــز الوطنى (الدولة) أو الدولى	المحاصيل	المجموع (بالألف)
الولايات المتحدة	كل المحاصيل	٥٥٧
الصين	كل المحاصيل	٤٠٠
روسيا	كل المحاصيل	٣٢٥
IRRI	الأرز	٨٦
ICRISAT	السورجم – الدخن الحمص – الفول السودانى – بسلة بيجون	٨٦
ICARDA	الحبوب – البقول – المراعى	٧٧
الهند	كل المحاصيل	٧٦
CIMMYT	القمح – الذرة	٧٥
CIAT	الفاصوليا – الكاسافا – المراعى	٦٦
IITA	اللوبيا – الأرز – المحاصيل الجدرية	٤٠
CIP	البطاطس – البطاطا	١٢

جدول (١٢-٤) أعداد المجموعات وسلالات الجيرميلازم المحتفظ بها من مختلف الأنواع المحصوليـــه (عن Holden وآخرين ١٩٩٣)

المحصول	عدد المجموعات	عدد السلالات (بالألف)
النجيليات		
الشعير	٦٣	٢٥٧
الحنطة السوداء buckwheat	٣	٥
الدخن millet	٢٥	٣٣
الذرة	٦١	١٥٢
الشوفان oats	٣٧	١٠٩
الأرز	٤٥	٣٤٣
الجاودار rye	١٤	١٣
السورجم sorghum	٣٤	١٣٨
القمح	١١٥	٥٠٩

تابع جدول (١٢-٤)

المحصول	عدد المجموعات	عدد السلالات (بالآلف)
البقول البذرية		
الفاصوليا العادية	٦٥	١٥٨
الفول	٣٨	٣٨
الحمص	٢٦	٤٨
الفول السوداني	٤٠	٦٦
العدس	٢٥	٢٠
فاصوليا منج	٣٤	٧٠
البسلة	٣٣	٥٢
بسلة بيجون	٩	٢٠
فول الصويا	٧٠	١٣٧
الجذور والدرنات		
القلقاس والتانيا	٣٩	٦
البنجر	٣٧	١٤
الكاسافا	٤١	٢٥
البطاطس	٩٠	٦٣
البطاطا	٥٦	٢٦
اليام	٣١	١٠
الخضر		
الباذنجان	٧	٣
الكرنبيات Brassicas	٤٣	٤٠
الجزر	٥	٤
الكرفس	١	٠,٢٥
القرعيات	٥٨	٦٤
الخس	١٠	٨
البامية	٧	٥
البصل والكرات ... إلخ	١٧	١١
الفلفل	٣٩	٣٦
الفجل	٨	٧

تابع جدول (١٢-٤)

المحصول	عدد المجموعات	عدد السلالات (بالآلف)
السبانخ	٤	١
الطماطم	٣٩	٥٨
الفاصوليا المجنحة	٩	٥
الفراولة	١٤	٤
الفاكهة الاستوائية		
الفاكهة الاستوائية	٣٦	١٠
النقل الاستوائى	١٠	٤
الأفوكادو	١٦	٣
الموز	٣١	٥
الموالح	٥٢	١٧
المانجو	٢٨	٥
الأناناس	٧	٠,٧
فاكهة المناطق الباردة		
اللوز	٩	١
التفاح	٦٢	٥١
المشمش	١٧	٣
البلوبرى blueberry	٣	١
الكريز	٢٥	١٠
التين	٧	٢
التوت mulberry	٢	٠,٣
الخوخ	٤٠	٨
الكمثرى	٤١	٩
البرسيمون persimmon	٤	٠,٦
البرقوق	٢٣	٣
برقوق التجفيف (القراصيا) prunes	١٥	٥
السفرجل quince	٣	٠,٢٥
الراسبرى raspberry	٩	٢
نقل المناطق الباردة	٢٠	٦

تابع جدول (١٢-٤).

المحصول	عدد المجموعات	عدد السلالات (بالآلف)
محاصيل الألياف		
القطن	٣٧	٤٣
الكتان والقنب والسيزل وغيرهم	١١	١٦
المحاصيل الزيتّية		
محاصيل زيتية	٨	١٠
الزيتون والقرطم ودوار الشمس	١٥	٣٧
الخروع وغيره من الزيوت الصناعية	١١	١٠
محاصيل العلف والمراعى		
Atriplex	١	١
Leucaena	٤	٢
أعشاب المراعى	٣٧	٧٧
Agropyron	٤	٣
Bromus	٥	٤
Dactylis	١١	٩
Elymus	٢	١
Festuca	٩	٧
Lolium	١١	١٠
Panicum	١٤	١٧
بقوليات المراعى	١٧	٢٥
Centrosema	٣	٣
Desmodium	٣	٣
Trigonella	٢	٠,٦
Lotus	٤	٣
Medicago	٢٠	٣٦
Onobrychis	٥	٢
Stylosanthes	٥	٧
Trifolium	٢٥	٣٤

جدول (١٢–٥): أعداد سلالات الجيرمبلازم المحتفظ بها في بنوك الجيرمبلازم[أ] (عن Scarascia-Mugnozza & Perrino ٢٠٠٢)

المحصول أو المجموعات المحصولية	المجموعات الوطنية	مراكز CGIAR	المجموع[ب]
محاصيل الحبوب	١٩٧١٠٠٠	٣٦٢٠٠٠	٢٣٣٣٠٠٠
البقول الغذائية	٧٥٨٠٠٠	١٣٢٠٠٠	٨٩٠٠٠٠
الخضر	٤٨١٠٠٠	—	٤٨١٠٠٠
العلف	٣٥٠٠٠٠	٥٨٠٠٠	٤٠٨٠٠٠
الفاكهة	٢٧٩٠٠٠	—	٢٧٩٠٠٠
المحاصيل الدرنية والجدرية	٧٧٠٠٠	٢٤٠٠٠	١٠١٠٠٠
المحاصيل الزيتية	٩٥٠٠٠		٩٥٠٠٠
الموز		٢٥٠٠	٢٥٠٠
المحاصيل السكرية	٤٥٥٠٠		٤٥٥٠٠
نباتات المشروبات	٤٣٠٠٠		٤٣٠٠٠
نباتات التوابل	١٧٧٠٠		١٧٧٠٠
الكاكاو	٩٤٠٠		٩٤٠٠
المطاط	٣١٠٠٠		٣١٠٠٠
محاصيل الألياف	٧٦٣٠٠		٧٦٣٠٠
المخدرات ونباتات العقاقير	٢٨٠٠٠		٢٨٠٠٠
محاصيل الحماية shelter crops	١٠٠٠٠		١٠٠٠٠
نباتات الزينة	٢٣٢٠٠		٢٣٢٠٠
النباتات الطبية	٢٣٠٠		٢٣٠٠
الأصباغ	١٠٠٠		١٠٠٠
النباتات العطرية	٦٠٠		٦٠٠
نباتات أخرى	١١٠١٠٠٠	٢١٥٠٠	١١٢٢٥٠٠
المجموع	٥٤٠٠٠٠٠	٦٠٠٠٠٠	٦٠٠٠٠٠٠

أ – تتضمن بنوك البذور، وبنوك الجيربلازم الحقلية، وبنوك مزارع الأنسجة والخلايا

ب – تقدر أعداد السلالات بنحو ٥٤٣٥٠٠٠ في بنوك جيرمبلازم البذور، و ٥٢٧٠٠٠ في بنوك الجيرمبلازم الحقلية، و ٣٨٠٠٠ في بنوك مزارع الأنسجة والخلايا وإذا ما أخذت أعداد السلالات المتكررة في الحسبان، فإن العدد الكلي لسلالات الجيرمبلازم المحتفظ بها يقدر بنحو ١–٢ مليون سلالة.

جدول (١٢-٦): مخازن الجيرمبلازم التى تضم أكبر المجموعات على مستوى العالم (عن Scarascia-Mugnozza & Perrino ٢٠٠٢).

الدولة	المعهد أو المركز	عدد السلالات	مدى التخزين
الصين	Institute of Crop Germplasm	٣٠٠٠٠٠	طويل الأمد
الولايات المتحدة	National Seed Storage Laboratory	٢٦٨٠٠٠	طويل الأمد
الاتحاد الروسى	VIR	١٧٧٦٨٠	قصير إلى متوسط الأمد
اليابان	NIAR	١٤٦٠٩١	طويل الأمد
الهند	NBPGR	١٤٤١٠٩	متوسط الأمد
جمهورية كوريا	RDA	١١٥٦٣٩	طويل الأمد
كندا	PGRC	١٠٠٠٠٠	طويل الأمد
ألمانيا	IPK, Gatersleben	١٠٣٠٠٠	طويل الأمد
إيطاليا	Germplasm Institute, Bari	٨٠٠٠٠	طويل الأمد
البرازيل	CENARGEN	٦٠٠٠٠	طويل الأمد
ألمانيا	FAL, Braunschweig	٥٧٠٠٠	طويل الأمد
الحبشة	Biodiversity Institute	٥٤٠٠٠	طويل الأمد
المجر	Institute for Agrobotany	٥٤٨٣٣	طويل الأمد
بولندا	Plant Breeding and Acclimatization Institute	٤٤٨٨٣	طويل الأمد
الفيليبين	NPGRL	٣٢٤٤٦	طويل الأمد
المجموع [أ]		١٧٢٨٦٨١	

أ - يمثل المجموع حوالى ٣٤٪ من مجموع سلالات الجيرمبلازم المحتفظ بها على مستوى العالم، والتى تقدر بنحو ستة ملايين سلالة.

الفصل الثالث عشر

إكثار الجيرمبلازم وحفظه

مصادر الجيرمبلازم المحتفظ به

تتنوع الجهات، والمصادر التى يحصل منها على الجيرمبلازم - لأجل إكثاره - وحفظه، وتخزينه - كما يلى.

١ - شركات البذور.

٢ - بنوك الجيرمبلازم الوطنية فى مختلف الدول

٣ - المجموعات الخاصة التى تركز - عادة - على محصول واحد.

٤ - مساهمات المربيين، وخاصة بالنسبة لما يتوفر لديهم من أصول تربية تزيد عن حاجتهم خلال برامج التربية

٥ - الحدائق النباتية.

٦ - رحلات الاستكشاف الداخلية، وما يترتب عليها من مجموعات جيرمبلازم محلية

٧ - رحلات الاستكشاف الخارجية، وما يترتب عليها من مجموعات جيرمبلازم عالمية.

فئات الجيرمبلازم المحتفظ بها

يمكن تقسيم ثروات الجيرمبلازم إلى الفئات الرئيسية التالية:

١ - الجيرمبلازم الأساسى

ويتضمن ما يلى:

أ - الأنواع البرية القريبة من الأنواع المحصولية.

ب - الطرز التى تنمو كحشائش من النوع المزروع.

جـ - السلالات التى تنمو بريًّا من المحصول المزروع وأصنافه البدائيه

٢ - الجيرمبلازم المستمد من جهود التربية

ويتضمن ما يلى

أ – الأصناف المهملة (التى لم تعد مستخدمة فى الزراعة)

ب سلالات التربية التى تحتوى على جينات معينة أو التى تتميز بأداء خاص

جـ – الجيرمبلازم المستمد من التربية الأولية pre-breeding materials

د الأصناف المحسنة المتقدمة

هـ – آباء الهجن التجارية.

و – السلالات المستخدمة فى دراسات الوراثة السيتولوجية

ز – الطفرات

٣ - جيرمبلازم المستوى الجزيئ

ويتضمن ما يلى

أ مكتبات الدنا DNA libraries خارج النبات *in vitro* (عن Chopra ٢٠٠٠)

ونتناول – فيما يلى – عددًا من تلك الفئات بتفصيل أكبر

١ - الأصناف الحديثة

تمثل الأصناف الحديثة modern cultivars أكثر التراكيب الوراثية تطورا وتأقلما على مناطق معينة، ولكنها تتميز بأقل قدر من التباين الوراثى؛ ولذا فإنها تكون عرضة للإصابات المرضية الوبائية، وللتأثر بالظروف البيئية المعاكسة

ومن أهم مزايا هذه المجموعة أنها تمثل الأصناف القياسية التى تقارن بها الأصناف الجديدة، وأنها تستغل كأساس للتحسين فى برامج التربية بغرض نقل جينات جديدة إليها

٢ - الأصناف المهملة

تمثل الأصناف المهملة obsolete cultivars "الأصناف الحديثة" للماضى القريب.

وعلى الرغم من استبعادها من الزراعة لتوفر أصناف جديدة أفضل منها، فإنه يحتفظ بها لاحتمالات استعمالها في برامج التربية. وهي – كمجموعة – تشكل مدى من التباين أوسع كثيرًا عما تمثله مجموعة الأصناف الحديثة، وتمثل – في مجموعها على مستوى العالم – قدرة كبيرة على التأقلم على مختلف الظروف البيئية. وكثيرا ما يلجأ إليها الباحثون للحصول منها على جينات لم يلتفت إليها عندما أنتجت الأصناف الحديثة.

٣ - أصول التربية

يُنتج – عادة – خلال أى برنامج للتربية أعدادا كبيرة جدًا من السلالات الجيدة المحسنة التى يتم الاستغناء عنها، نظرًا لقصورها فى إحدى الصفات الهامة أو فى أكثر من صفة، مما يجعلها غير صالحة للاستعمال كأصناف تجارية. وعلى الرغم من الأهمية الواضحة لتلك السلالات كأصول وراثية فإنها غالبًا ما تفقد بمعدلات عالية، حيث يتم الاستغناء عنها أولاً بأول أثناء برامج التربية، نظرًا لاستحالة استمرار البرنامج بكل السلالات، ولصعوبة التنبؤ بما يمكن أن يكون لها من استعمال مستقبلى. كذلك ينتج من بعض برامج التربية عشائر يتم تطويرها بالانتخاب المتكرر أو كأصناف تركيبية من خلال الانتخاب الإجمالى أو طرق التربية الأخرى، وتدخل كل تلك السلالات والعشائر الوراثية – معًا – تحت مسمى أصول التربية breeding stocks.

٤ - السلالات المحلية

تمثل السلالات المحلية (أو البلدية) land races أقرب التراكيب الوراثية للطرز التى أخضعت لعملية الاستئناس. وتشكل تلك المجموعة مدى أوسع من التباينات الوراثية عن أى من المجموعات السابقة، إلاّ أن أداءها يكون أدنى منها جميعا. تنشأ تلك السلالات فى مناطق نشوء المحصول، ولكنها قد تزدهر فى مراكز أخرى ثانوية، وهى نتاج أجيال لا حصر لها من الانتخاب الطبيعى لمقاومة الأمراض والآفات السائدة، ولتحمل مختلف الظروف البيئية؛ ولذا .. فهى تحتوى على مخزون جيد من الجينات التى قد يحتاج إليها المربى. وعلى الرغم من ذلك فكثيرًا ما فقدت مجموعات محصولية من تلك السلالات.

٥ - الطرز البرية للأنواع المزروعة

تلك هي أقل أنواع الجيرمبلازم توفرًا في الجيرمبلازم المخزن، خاصة وأن كثيرا من الطرز البريه لعديد من الأنواع المحصولية لم يعد لها وجود في الطبيعة، كما لم يتم تمثيل المتبقي منها تمثيلا كافيًا في مجموعات الجيرمبلازم وتتميز نباتات تلك المجموعة عن المجموعة التالية بأنها كثيرًا ما تتلقح – بصورة طبيعية – مع النوع المزروع وكثيرا ما يلجأ المربي لتلك الطرز للحصول على جينات المقاومة للأمراض والآفات

٦ - الأنواع البرية القريبة

لا يمكن لنباتات هذه المجموعة أن تتلقح طبيعيًا – على نطاق واسع – مع الأنواع المحصولية المزروعة، وتعد هي آخر ما يلجأ إليه المربي للحصول على الجينات المرغوب فيها والتي لا يجدها في أي من المجموعات السابقة وعادة لا يُقبل المربي على اللجوء إلى تلك المجموعة إلا للضروره القصوى بسبب مشاكل التهجينات، والعقم، والانعزالات الكثيرة غير المرغوب فيها. واحتمالات التدهور بعد الجيل الثاني، وحالات الارتباط المثبطة للتقدم في التحسين الوراثي

هذا ولا يقتصر افتقار مجاميع الجيرمبلازم فقط إلى بعض الأنواع البرية القريبة، وإنما هي تفتقر – كذلك إلى التمثيل الوراثي الجيد لمختلف التباينات في النوع الواحد

٧ - الطفرات الطبيعية والمستحدثة صناعيًا

عندما يلجأ المربي إلى البحث عن الطفرات أو استحداثها صناعيًا فإن جيرمبلازم تلك الطفرات تودع – كذلك – في مخازن الجيرمبلازم للاستفادة منها من قبل الباحثين الآخرين (عن Rick ١٩٨٤)

٨ - مُجمّعات الجيرمبلازم

يُحصل على مُجمَّعات الجيرمبلازم germplasm complexes بخلط بذور عدة سلالات

أو عشائر من مصادر مختلفة معًا، وتركها للتلقيح الخلطي العشوائي؛ بحيث تصبح مُجمَّعًا للجينات، وهي تعد عشائر تجريبية، وليست أصنافًا تجارية.

٩ - الحامض النووي للجينات الهامة (بنوك الدنا)

إلى جانب بنوك الجيرمبلازم التي يحتفظ فيها بالجيرمبلازم على صورة بذور، أو أعضاء للتكاثر الخضرى، أو نباتات حقلية، أو مزارع أنسجة، أو مزارع خلايا، فإنه توجد كذلك بنوك للدنا DNA banks، وفيها يحتفظ بأجزاء من دنا التراكيب الوراثية للجيرمبلازم المرغوب فيه على صورة cosmid clones، أو phage lysates، أو دنا نقى، علمًا بأن الصورة الأخيرة لا يحتفظ بها إلا لفترة قصيرة. ويمكن تقييم أجزاء الدنا وفصل الجينات المرغوب فيها منها واستعمالها في إنتاج نباتات محولة وراثيًا وتصلح تلك التقنية لحفظ المادة الوراثية للأنواع التي اندثرت بالفعل. ولكن يحتفظ بها في صورة عينات مجففة في المعشبات herbariums، حيث يمكن – غالبًا – عزل الدنا منها (Singh ١٩٩٣).

وتجدر الإشارة إلى ضرورة الاستمرار في حفظ جميع سلالات الجيرمبلازم، حتى إن لم يجد مربو النبات فيها ضالتهم من الصفات التي يرغبون في إدخالها ضمن برامج التربية؛ ذلك لأن ما لا قيمة له اليوم .. قد تكون له أهمية كبيرة في المستقبل، خاصة أن أهداف التربية تتغير على الدوام

حفظ الجيرمبلازم في المحميات

لاشك أن أفضل وسائل حفظ الجيرمبلازم تتم بتوفير المحميات المناسبة له في البيئة الطبيعية *in situ*؛ لحمايته من الانقراض؛ حيث تتكاثر النباتات وتُلقِّح خلطيًا مع بعضها، وتحدث فيها الطفرات بشكل طبيعي.

وبينما قد يمكن تطبيق هذه الطريقة بالنسبة للأنواع التي يخشى عليها من الانقراض – وهو أمر ممكن ومطلوب في هذه الحالة – فإن تطبيقها غير ممكن، وغير مطلوب بالنسبة للأنواع التي تنتشر زراعتها على نطاق واسع؛ فهو أمر غير ممكن نظرًا

للتكاليف الباهظة التي يتطلبها حفظ الجيرمبلازم بهذه الطريقة، حيث تتطلب توفير مساحات كبيرة من المحميات الطبيعية في المناطق الجغرافية التي تنتشر فيها الأنواع التي يراد حفظها، كما لا يعد حفظ الأنواع الواسعة الانتشار بهذه الطريقة أمر مرغوب فيه لأنه لن يمكن الاحتفاظ إلا بعدد قليل من الاختلافات الوراثية التي تتوفر منها في الطبيعة، هذا فضلا عن احتمال تعرضها للإصابة بالأوبئة. وتتم الطريقة الأخرى لحفظ الجيرمبلازم بالتخزين *ex situ*.

وقد اقترح Bretting & Duvick (١٩٩٧) المصطلح "الحفظ الاستاتيكي" static cons- ervation ليحل محل المصطلح *ex situ* conservation (الحفظ في بنوك الجيرمبلازم)، والمصطلح "الحفظ الديناميكي" dynamic conservation ليحل محل المصطلح *in situ* conservation (الحفظ في المحميات)، علمًا بأن أي من طريقتي حفظ الجيرمبلازم لا تفضل الطريقة الأخرى، فلكل منها أهدافها واستعمالاتها. فبينما يعمل الحفظ الاستاتيكي على تجنب فقد الجيرمبلازم وسهولة توزيعه على المربين، فإن الحفظ الديناميكي لا يعمل فقط على حفظ الجيرمبلازم في الطبيعة، ولكنه يهدف كذلك إلى المحافظة على العمليات التطورية الجارية من انعزالات وراثية وانتخاب طبيعي.

إكثار الجيرمبلازم

تقع مهمة إكثار الجيرمبلازم وحفظه على عاتق محطات الإدخال، ومعاهد ومراكز البحوث الدولية والإقليمية والوطنية، وتعاونيات الوراثة والتربية، ومستودعات النباتات الخضرية التكاثر المسئولة عن المجموعات المحصولية المختلفة؛ فتكون هي المسئولة أولاً وأخيرًا - عن بقاء السلالات - الموجودة لديها - نقية، ومحتفظة بحيويتها. ويتحقق ذلك بتخزين بذور السلالات الجنسية التكاثر في ظروف مثلى للتخزين، بحيث يمكن أن تحتفظ بحيويتها فترات طويلة، تزيد على عشر سنوات عادة، مع اختبار حيويتها على فترات، بحيث تعاد زراعتها وإكثارها قبل أن تنخفض نسبة إنباتها بشكل حاد، حتى لا تفقد نهائيًا. كما تعاد - أيضا - زراعة وإكثار السلالات، التي يقل رصيد المخزون منها عن حد معين؛ بسبب كثرة الطلب عليها من قبل المربين.

إكثار سلالات الأنواع الجنسية التكاثر

بينما يسهل إكثار النباتات الذاتية التلقيح فإن النباتات الخلطية التلقيح تكون مشكلة كبيرة؛ بسبب الأعداد الهائلة من السلالات التى يلزم إكثارها من جانب، وبسبب انتشار ظاهرة عدم التوافق الذاتى فى كثير من أنواعها، أو التدهور فى نباتاتها مع التربية الداخلية من جانب آخر. ويتم التغلب على هذه المشاكل إما بإجراء التلقيح صناعيًا بين نباتات السلالة الواحدة (كما فى القرعيات، والذرة، وأنواع الجنس *Lycopersicon* غير المتوافقة ذاتيًا على سبيل المثال)، وإما بوضع عدة نباتات تحت شبكة غير منفذة للحشرات، وإدخال بعض الحشرات النظيفة من حبوب اللقاح للقيام بعملية التلقيح وتتبع هذه الطريقة مع بعض المحاصيل الحشرية التلقيح (كالبصل، والجزر، والكرفس).

إكثار سلالات الأنواع الخضرية التكاثر

إن المحاصيل الخضرية التكاثر يحافظ عليها – غالبًا – على صورة خضرية فى مستودعات الجيرمبلازم ومراكز البحوث الخاصة بها وتمثل الإصابات الفيروسية مشكلة كبيرة بالنسبة للنباتات النامية. ويتم التخلص منها بإكثار النباتات عن طريق مزارع القمة الميرستيمية. وقد يمكن حفظ جيرمبلازم هذه النباتات بالتخزين كمزارع أنسجة تحت ظروف معينة – كما سيأتى شرحه فيما بعد - بدلاً من استمرار زراعتها.

إكثار سلالات مجموعات القلب

إن أكبر مشكلة تواجه بنوك الجيرمبلازم هى كيفية تحقيق أكبر استفادة ممكنه منها من قبَل أكبر عدد ممكن من المستعملين للجيرمبلازم؛ وذلك بسبب ضخامة أعداد السلالات التى يحتفظ بها فى معظم بنوك الجيرمبلازم ومن أجل ذلك .. تم تطوير ما يعرف باسم مجموعة القلب core collection، وهى مجموعة من السلالات التى تضم فيما بينها – وبأقل قدر ممكن من التكرار – أكبر قدر ممكن من التباينات الوراثية للمحصول المزروع والأنواع البرية القريبة منه. وليس الغرض من تلك المجموعات – التى تمثل خلاصة المجموعات الأصلية المحتفظ بها – ليس الغرض منها أن تحل محل

المجموعات الأصلية، وإنما أن نجعل الاختلافات الوراثيه بينها سـهله المنـال مـن قبـل مستخدمى الجيرمبلازم

ومن الطبيعى أن اختيار السلالات التى يمكن أن تمثل مجموعات القلب يعتمـد علـى ما يتوفر لدينا من معلومات عن كل سلالة من المجموعات الأصلية (عن Hamon وآخرين ١٩٩٥)

وتستخدم فى تحديد مجموعات القلب الطرق التالية:

١ - تحليل الإنزيمات الشبيهة

يستخدم تحليل الإنزيمات الشبيهة isozyme analysis كثيـرا فـى تحديـد سـلالات مجموعات القلب من بين آلاف السلالات التى يحتفظ بها وكمثال علـى ذلـك تمكـن Human وآخرون (٢٠٠٠) من اختيار ٣٠٦ سلالة من البطاطس لتمثيل مجموعة سلالات تحت النوع *andigena* المحتفظ بها فى معـهد البطـاطس الـدولى (فـى ليمـا بـبيرو) والتى تقدر بـ ٢٣٧٩ سلاله – وذلك بالاستعانة بـ ٣٨ allozyme.

٢ - المعلمات الوراثية

تستخدم المُعلِّمـات الوراثيـه genetic markers فـى تحديـد مـدى التقـارب أو البعـد الوراثى بين مختلف سلالات المحصول الواحد أو النـوع الواحـد التـى يُحتفـظ بـها فـى بنوك الجيرمبلازم. وهى إما مُعلِّمـات مورفولوجيـة، أو سـيتولوجية، أو تختـص بنواتـج الأيض الثانوية secondary metabolites، أو بأنواع البروتينات، أو بالدنا

ويستفاد من إخضاع مجموعات الجيرمبلازم لدراسات الجينـات المُعَلِّمـة فـى الجوانب التالية:

١ - تقدير مدى التباين الوراثى بين السلالات

٢ – تقدير مدى التقارب الوراثى بين السلالات.

٣ - توجيه سياسه إدارة مجموعات الجيرمبلازم وحفظها

٤ - تحديد المستوى الأمثل لأعداد السـلالات التـى يتعـين جمعـها، وطريقـة تمثيـل الجيرمبلازم فيها

٥ – تحديد طريقة توصيف وتمييز الجيرمبلازم، وتقييمه

٦ – تحديد أسس اختيار مجموعات القلب core collections

٧ – تحديد سياسة التعزيز الوراثى genetic enhancement للجيرمبلازم (Bretting & Widrlechner ١٩٩٥).

تخزين البذور ذات المحتوى الرطوبى المنخفض فى الحرارة المنخفضة

تختلف الطرق المتبعة فى تخزين تقاوى المحاصيل الزراعية التى تستخدم فى الزراعة لسنة أو سنوات قليلة عن تلك التى تتبع فى حفظ الجيرمبلازم وتخزينه لسنوات عديدة، سواء أكان الجيرمبلازم على صورة بذور، أم أجزاء خضرية، أم مزارع أنسجة، أم أى جزء نباتى آخر.

ومن أهم مزايا حفظ الجيرمبلازم لفترات طويلة ما يلى:

١ – توفير نفقات إعادة زراعة السلالات على فترات متقاربة قبل أن تفقد حيويتها.

٢ – تجنب احتمالات الخلط الميكانيكى لبذور السلالات عند إعادة إكثارها.

٣ – تجنب – أو تقليل – احتمال حدوث أى تغير وراثى فى مجمع الجينات gene pool الأصلى للسلالة، الأمر الذى قد يحدث عند إكثارها من وقت لآخر (عن Stanwood & Roos ١٩٧٩).

ظروف التخزين المناسبة لمختلف فئات مجموعات الجيرمبلازم

يفضل تقسيم مجموعات الجيرمبلازم البذرية – حسب ظروف التخزين المناسبة - إلى فئتين.

أولاً: المجموعات الأساسية

تخزن بذور المجموعات الأساسية Base collections لمدة طويلة، تحت ظروف مثلى من الحرارة والرطوبة. لا تستعمل هذه المجموعات فى التوزيع، وتختبر حيويتها، على فترات منتظمة، ويجب أن يخزن من كل سلالة كمية من البذور، تكفى الاحتياجات المتوقعة منها لاختبارات الإنبات خلال فترة التخزين، ثم إعادة الزراعة حينما يحين وقت ذلك. وبرغم وجود عينات صغيرة منها لاختبارات الإنبات الدورية فإن الجزء

أكبر يبقى فى أوعية غير منفذة للرطوبة، لا تفتح إلا عند إعادة الزراعة، التى تكون عند انخفاض نسبة الإنبات إلى ٨٠- ٨٥٪ من النسبة الأصلية ويوصى بتخزين هذه البذور فى حرارة ١٨°م، أو أقل من ذلك فى أوعية غير منفذة للرطوبة، مع خفض رطوبة البذور قبل التخزين إلى ٥+١٪ على أساس الوزن الرطب، وهو ما يعنى أن هذه الطريقة لا تصلح لتخزين البذور التى تفقد حيويتها عند التجفيف كما يجب توفر أجهزة توليد كهرباء اضافية، لتعمل تلقائيًا عند انقطاع التيار.

ثانيًا المجموعات النشطة

تخزن بذور المجموعات النشطة Active collections لفترات متوسطة المدى، وهى التى تستعمل فى الإكثار، والتوزيع، والتقييم ويعد الحد الأدنى المقبول – من الظروف التى تلزم لتخزين هذه المجموعات حرارة ٥°م، مع خفض رطوبة البذور قبل التخزين إلى ٥–٧٪، وحفظها إما فى أوعية غير منفذة للرطوبة، وإما فى أوعية منفذة للرطوبة، لكن مع مراعاة إلا تزيد الرطوبة النسبية فى جو المخزن على ٤٠٪ وتحفظ بذور المجموعة النباتية – التى توجد فى مخزن البذور الوطنى فى الولايات المتحدة - على حرارة ٤ ٤°م (٤٠°ف)، مع رطوبة نسبية ٣٢٪ فى أوعية غير منفذة للرطوبة (عن Justice & Bass ١٩٧٩) كما تحفظ بذور بعض السلالات على حرارة ١٢–١٠°م تحت الصفر. فى أوعية غير منفذة للرطوبة وتختبر السلالات المخزنة كل خمس سنوات، حيث تكثر من جديد إذا وجد أن نسبة إنباتها قد انخفضت عن حد معين (Hartmann & Kester ١٩٨٣)

وسائل خفض المحتوى الرطوبى للبذور

إن من أهم متطلبات حفظ البذور لفترات طويلة فى الحرارة المنخفضة خفض محتوى البذور الرطوبى إلى نحو ٥–٦٪، ويتحقق ذلك إما بخفض نسبة الرطوبة فى الهواء المحيط بالبذور الى أن تصل رطوبتها إلى حالة توازن مع الرطوبة النسبية للهواء، وإما برفع درجة حرارة الهواء، وتعد الطريقة الأولى هى الأكثر فاعلية والأكثر استعمالا ومن الطبيعى أن الرطوبة النسبية للهواء يجب أن تكون عند مستوى معين لكى يكون التوازن

النهائى مع رطوبة البذور عند محتوى رطوبى حوالى ٥-٦٪. وتستخدم محاليل ملحية مختلفة للمحافظة على الرطوبة النسبية فى الهواء الملامس لها عند مستوى معين، حيث يحدث التوازن فى خلال ٣٠-٤٥ يومًا (جدول ١٣-١) (Fang وآخرون ١٩٩٨)

جدول (١٣-١). الرطوبة النسبية للهواء الملامس للمحاليل المشبعة لبعض الأملاح وحامض الكبريتيك فى مختلف درجات الحرارة.

	الحرارة				
الملح	٥	١٥	٢٥	٣٥	٥٠
H_2SO_4 (< ٩٩,٥٪)	١	١	١	١	١
$ZnCl_2$	٥,٥	٥ ٥	٥.٥	٥,٥	٥.٥
NaOH	٩	٨	٧	٧	٦
LiCl	١٥	١٤	١٣	١١ ٥	١١
$CaBr_2$	٢٣	٢٢	١٦,٥	١٥	١٤
$MgCl_2$	٣٣,٥	٣٣	٣٢,٥	٣٢ ٥	٣١.٥
K_2CO_3	٤٣	٤٣	٤٣	٤١,٥	٤١
$Mg(NO_3)_2$	٥٦	٥٤,٥	٥٣	٥٠,٥	٤٦
NH_4NO_3	٧٢	٦٨	٦٢	٦٢,٥	٦١
NaCl	٧٥,٥	٧٥,٥	٧٥	٧٥	٧٤,٥
KCl	٨٨	٨٦	٨٥	٨٤	٨٠,٥
KNO_3	٩٣	٩٢,٥	٩١	٩٠	٨٥

ويعتبر التجفيد freeze-drying أحد وسائل خفض المحتوى الرطوبى للبذور، إلا أنها ما زالت فى مرحلة الدراسة والبحث. يراعى عند اتباع هذه الطريقة .. أن تجفف البذور - أولاً - بالطرق العادية إلى أن تنخفض نسبة رطوبتها إلى ١٠٪ ثم تجفف بالتجفيد (أى بالتبريد إلى حرارة أقل من الصفر، مع التجفيف تحت التفريغ فى آن واحد) إلى أن تنخفض رطوبتها إلى ٥٪، ثم تخزن - بعد ذلك - فى أوعية غير منفذة للرطوبة. تحتفظ البذور المجففة بهذه الطريقة بحيويتها لسنوات عديدة فى حرارة الغرفة، ولمدد غير محدودة، إذا خزنت فى حرارة التجمد (عن مجلة HortScience - العدد الثانى - المجلد ٢١ لعام ١٩٨٦).

التنبؤ بالقدرة على التخزين فى الحرارة المنخفضة

أوضح Harrington (١٩٦٣) أن معدل تدهور البذور وفقدها لحيويتها يرتبط ارتباطا مباشرا بكل من المحتوى الرطوبى للبذور ودرجة حرارة التخزين كما يلى:

١ - تقل فترة احتفاظ البذور بحيويتها بمقدار النصف مع كل زيادة فى محتواها الرطوبى مقدارها ١٪ بين ٥ - و ١٤٪.

٢ - تقل فترة حفاظ البذور بحيويتها بمقدار النصف مع كل ارتفاع فى حرارة التخزين مقداره ٥ م بين صفر، و ٥٠°م.

وقد طور اختبار الإسراع بالتدهور accelerated aging test للتنبؤ بمدى القدرة التخزينية للبذور. وفى هذا الاختبار تحفظ البذور فى حرارة ٤٠ - ٤٥°م ورطوبة نسبية تزيد عن ٩٠٪ لمدة ٢ - ٥ أيام، ثم تختبر حيويتها وتقارن النتائج ببذور من نفس اللوط لم تعرض لاختبار الإسراع بالتدهور.

ويستخدم فى بنوك الجيرمبلازم اختبار آخر للتنبؤ بلوطات البذور التى يمكن أن تبدأ بالتدهور، وهو يعرف باسم اختبار "التدهور غير الطبيعى" artificial aging، وفيه ترفع رطوبة البذور إلى أقل من ١٤٪ والرطوبة النسبية إلى حوالى ٧٥٪ (لتجنب نمو الأعفان على البذور)، وترفع الحرارة إلى أقل من ٣٥°م، وذلك لعدة أسابيع أو شهور (عن Roos ١٩٨٩).

وقد أوضحت الدراسات عدم الحاجة إلى تخزين البذور تحت تفريغ فى بنوك حفظ الجيرمبلازم (Tao ١٩٩٢).

وكما أظهرت الدراسات الحديثة أن بذور بعض الأنواع النباتية - وخاصة تلك الغنية بالدهون - يمكنها الاحتفاظ بحيويتها لفترات طويلة إذا ما خفضت رطوبتها إلى أقل من نسبة الـ ٥٪ التى يوصى بها عادة، ويختلف الحد الأدنى للرطوبة - الذى لا تفيد معه زيادة خفض الرطوبة فى زيادة فترة التخزين - باختلاف الأنواع.

وكمثال على ذلك .. وجد فى *Brassica napus* (لفت الزيت) أن فترة احتفاظ البذور بحيويتها ازدادت ١٢ مرة عندما جففت إلى ٣٪ محتوى رطوبى بدلا من ٥٪، وأن خفض محتوى البذور الرطوبى من ٥٪ إلى ٢٪ أعطى تأثيرا على مدة احتفاظ البذور

بحيويتها مماثلاً لخفض حرارة التخزين من +٢٠°م إلى -١٠°م ويعنى ذلك أنه قد يصبح بالإمكان عن طريق الخفض الشديد لرطوبة البذور إمكان تخزينها فى مجمدات الثلاجات العادية بدلاً من النيتروجين السائل (Holden وآخرون ١٩٩٣)

اختبارات إنبات البذور

تُجرى اختبارات إنبات بذور الجيرمبلازم المخزنة - على فترات - فى ظروف تختلف باختلاف كل نوع نباتى، وذلك تبعًا للقواعد الدولية أو المحلية فى هذا الشأن وستمر الاختبارات الدورية على كل لوط من البذور حتى ينخفض عدد البذور المتبقية منه إلى حد معين، أو إذا لم يزدد عدد البذور النابتة عن حد معين (كما فى جدول ١٣-٢)، حيث يتعين - حينئذ إكثار اللوط وتجديد مخزونه

جدول (١٣-٢) نتائج اختبارات متابعة لإنبات البذور المخزنة (٤٠ بذرة فى كل اختبار) وماذا يعنى ذلك؟ (تجب إعادة الزراعة لأجل تجديد مخزون البذور عندما تقل الحيوية عن ٨٥%) (عن Holden ١٩٩٣).

عدد البذور المختبرة	إذا كان عدد البذور النابتة		
(العدد المتجمع)	لا يزيد عن	فى حدود	لا يقل عن
٤٠	٢٩	٣٠-٤٠	—
٨٠	٦٤	٦٥-٧٥	٧٦
١٢٠	١٠٠	١٠١-١١٠	١١١
١٦٠	١٣٥	١٣٦-١٤٥	١٤٦
٢٠٠	١٧٠	١٧١-١٨٠	١٨١
	يلزم تجديد مخزون البذور	استمر فى اختبار الإنبات ↓	استمر فى التخزين

اختبارات قوة البذور

يستخدم لتقدير قوة البذور seed vigor عددًا من الاختبارات، منها ما يلى

١ - اختبار الإسراع بالشيخوخة accelerated aging

٢ - اختبار الشيخوخة المتحكم فيها controlled aging

يتم في هذا الاختبار جعل البذور تتشرب بالماء جزئيًا – إلى مستوى رطوبي محدد سلفا بوضعها على ورق ترشيح مبلل بالماء ويتم تقدير المحتوى الرطوبي في هذه الطريقة بوزن البذور على فترات متقاربة خلال تشربها ويلي ذلك وضع البذور في عبوة محكم إغلاقها وتترك لمدة ٢٤ ساعة في حرارة ١٠°م؛ ليحدث فيها نوع من التوازن الرطوبي بين مختلف أجزاء البذرة، وبين مختلف البذور، ويلي ذلك نقلها إلى حمام مائي على ٤٥°م لمدة يوم كامل، ثم يختبر إنبات البذور بعد ذلك على ٢٠°م

٣ – اختبار الإنبات البارد cold germination test

يستخدم هذا الاختبار أساسا في التنبؤ بإنبات بذور الذرة تحت ظروف الحقل، ويستعان في إجرائه بتربة تؤخذ من حقول الزراعة، حيث يتأثر الإنبات بكل من الحرارة المنخفضة والكائنات الدقيقة التي توجد طبيعيًا في التربة

٤ – اختبار التوصيل الكهربائي conductivity test

يعتمد اختبار التوصيل الكهربائي على ازدياد التسرب الأيوني من البذور أثناء تشربها بالماء كلما ازداد تدهورها، وذلك بسبب ما يلحق بالأغشية الخلوية من أضرار

٥ – اختبار معدل نمو البادرات الصغيرة عند الإنبات (عن Roos ١٩٨٩)

النظريات التي قدمت لتفسير تدهور البذور أثناء التخزين

- كان استنفاذ الغذاء المخزن بالتنفس من أوائل النظريات التي قدمت لتفسير تدهور البذور المخزنة، إلاّ أن ما ينفد من غذاء لا يكون أبدا بدرجة يمكن أن تؤثر على حيوية البذور، ولا شك أن كثيرا جدًا من البذور التي تفقد حيويتها تكون مازالت ممتلئة بالغذاء

ومن أهم النظريات التي قدمت لتفسير تدهور البذور أثناء تخزينها، ما يلي

١ – حدوث تغيرات في المحتوى الكيميائي للبذور، مثل تجلط البروتين وتحلله، وتأكسد الدهون وزيادة حموضتها

٢ – تدهور الأغشية الخلوية. ومما يدل على أهمية ذلك زيادة التسرب الأيوني من

البذور التى تفقد حيويتها – عند تشربها بالماء – عما فى البذور المحتفظة بحيويتها. ويحدث هذا التدهور فى الأغشية الخلوية – غالبًا – بسبب أكسدة الأحماض الدهنية التى توجد ضمن تركيبها.

٣ الأضرار الوراثية

تحدث فى البذور المخزنة كثيرا من التحورات الكروموسومية، كما تكون عرضة لتراكم الطفرات بها (Roos ١٩٨٩)

ظروف تخزين بذور الجيرمبلازم فى مراكز ومؤسسات المجلس الدولى للثروة الوراثية النباتية

تخزن البذور فى المراكز والمؤسسات التابعة للمجلس الدولى للثروة الوراثية النباتية IBPGR – حسب مدة التخزين المتوقعة – كما يلى:

أولاً التخزين طويل الأمد

عندما يكون التخزين طويل الأمد long-term storage فإنه لا يتوقع إعادة إكثار البذور وتجديدها قبل مضى ١٠–٢٠ سنة – على الأقل – على تخزينها.

وتكون ظروف التخزين، كما يلى:

١ – تجفف البذور إلى ٥٪ محتوى رطوبى بتركها تتوازن فى جو يحتوى على ١٠–١٥٪ رطوبة نسبية على ١٥°م.

٢ – تخزن البذور على –١٨°م أو أقل من ذلك.

٣ – تكون تعبئة البذور فى أوعية غير منفذة للرطوبة زجاجية أو معدنية لا تصدأ أو ألومنيومية

٤ – يتراوح حجم العينات المخزنة بين ٤٠٠٠ بذرة للعينات المتجانسة وراثيًا إلى ١٢٠٠٠ بذرة للعينات غير المتجانسة

٥ - تجرى اختبارات الإنبات كل عدة سنوات مع استعمال ٢٠٠ بذرة فى كل اختبار

٦ – يعاد تجديد البذور وإكثارها عندما تنخفض نسبة الإنبات عن ٨٥٪.

ثانيًا التخزين متوسط الأمد

عندما يكون التخزين متوسط الأمد medium-term storage فإنه لا يتوقع إعادة إكثار البذور وتجديدها قبل مضى ٥–١٠ سنوات على تخزينها

وتكون ظروف التخزين، كما يلى.

١ – تخفض رطوبة البذور إلى ٥٪.

٢ تحفظ البذور فى أوعية غير منفذة للرطوبة، أو أوعية غير محكمة الإغلاق، ولكن مع عدم زيادة الرطوبة النسبية فى المخازن عن ٣٥٪

٣ – يكون التخزين على صفر إلى ١٠°م

٤ - يتوقف حجم العينة المخزنة على التوزيع المتوقع لها

ظروف تخزين بذور الجيرمبلازم فى مخزن البذور الوطنى الأمريكى

تتم فى مخزن البذور الوطنى National Seed Storage Laboratory الأمريكى مراعاة ما يلى

١ – تجفيف البذور إلى ٦٪ رطوبة فى حجرات تتراوح رطوبتها بين ٥٪، و ١٠٪ على ٥ ٨°م

٢ – يكون التخزين على –١٨°م. وقد يكون فى النيتروجين السائل

٣ - تعبأ البذور فى أكياس من الأغشية الألومنيومية أو المصنوعة من أغشيه البوليثيلين

٤ – يتراوح حجم العينات بين ١٥٠٠، و ٣٠٠٠ بذرة للسلالات النقية، و ٣٠٠٠–٤٠٠٠ بذرة لسلالات المحاصيل الخلطية التلقيح

٥ – تجرى اختبارات الإنبات كل ٥–١٠ سنوات على ٥٠ أو ١٠٠ بذرة فى كل مرة (عن Roos ١٩٨٩)

ظروف تخزين بذور الجيرمبلازم فى بنك الجينات الجرمانى (الاسكندنافى)

تدير الدول الإسكندنافية الخمس (الدانمرك، وفنلندا، وأيسلندا، والنرويج، والسويد)

بنكًا للجينات (يعرف باسم Nordic Genebank) يقع فى موقع لمنجم مهجور فى جزيرة Svalbard عند خط عرض ٨٠° شمالا، أى داخل دائرة القطب المتجمد الشمالى. حيث تبلغ درجة الحرارة داخل المنجم - ٤°م ± ١٠°م على مدار العام وعلى الرغم من أن تلك الدرجة أعلى من المثلى إلاّ أنها تعد مقبولة؛ بسبب عدم الحاجة إلى تشغيل أجهزة تبريد، مع الأمان التام وضمان استمرار حرارة التبريد (عن Holden ١٩٩٣)

تخزين بذور الجيرمبلازم فى النيتروجين السائل

لا يوجد أى ضرر يمكن أن يحدث للبذور عند تعرضها لدرجات الحرارة الشديدة الانخفاض حتى لو خزنت على درجة الحرارة المطلقة (وهى -٢٧٣°م) مادام محتواها الرطوبى منخفضا، كما فى البذور العادية orthodox seeds، أما البذور ذات المحتوى الرطوبى المرتفع فإنها تضار بشدة إذا تعرضت لدرجة التجمد، ويتناسب مدى الضرر الحادث طرديًا مع نسبة الرطوبة فى البذور، ويظهر فى صورة تدهور شديد فى نسبة الإنبات؛ وبذا فإن هذه الطريقة لا تصلح لتخزين البذور التى تفقد حيويتها عند التجفيف، والتى تعرف باسم recalcitrant seeds؛ كبذور الموالح، والبن، والكاكاو، والمطاط، ونخيل الزيت، وجوز الهند، وإن كانت هناك استثناءات لتلك القاعدة سوف نتناولها بالشرح لاحقا فى هذا الفصل

عند استخدام النيتروجين فى حفظ الجيرمبلازم فإن ذلك يكون إما وهو فى الصورة السائلة (حرارة الغليان ١٩٦°م)، وإما فى محيط البخار الذى يعلو الصورة السائلة، والذى تكون حرارته حوالى -١٨٠°م؛ علما بأنه فى حرارة -١٩٦°م تتوقف كل العمليات الحيوية التى تقود إلى تدهور حيوية البذور؛ فإذا تحملت بذور أى نوع نباتى التعرض لهذه الدرجة الحرارية ولو لفترة قصيرة - ثم تحملت تدفئتها إلى درجة حرارة الغرفة بعد ذلك، فإنها يمكن أن تُحْفظ بحالة جيدة فى النيتروجين السائل لفترات غير محدودة

ولتخزين البذور فى النيتروجين السائل .. تجب مراعاة ما يلى:

١ تجفف البذور أولا - إلى درجة منخفضة من الرطوبة (حوالى ٥٪ على أساس الوزن الرطب)

٢ – توضع البذور فى أوعية ألومنيومية، أو بلاستيكية ذات غطاء

٣ – تغمس الأوعية – بما فيها من بذور – فى النيتروجين السائل

٤ – تنقل الأوعية - بما فيها من بذور – بعد انتهاء فترة التخزين، من النيتروجين السائل إلى جو الغرفة مباشرة دون المرور بمراحل وسطية من درجات الحرارة (عن Sakai & Noshiro ١٩٧٥)

وقد قام Stanwood & Roos (١٩٧٩) بتخزين بذور ١٤ نوعًا من الخضر فى النيتروجين السائل لمدة أسبوع، وشهر، وستة شهور – وهى فى أكياس ورقية – وتراوحت نسبة الرطوبة فى البذور المخزنة من ٥٪ إلى ٩٪ وقد تبين من النتائج التى حصل عليها (جدول ١٣- ٣) أن تخزين البذور فى النيتروجين السائل. ثم إعادة إخراجها منه لم يكن له أى تأثير ضار على نسبة الإنبات، كما لم تتأثر نسبة إنبات البذور بعد تخزينها لمدة ستة شهور وقد قام الباحثان كذلك بدراسة تأثير حفظ بذور الفاصوليا، والبسلة، والخس فى النيتروجين السائل لمدة أسبوع على قود لإنبات Vigor، ولم يجدا أى تأثير للمعاملة على وزن السويقة الجنينية العليا epicotyl، أو وزن البادرة بعد ثمانية أيام من بدء اختبار الإنبات

وقد قدرت تكلفة حفظ الجيرمبلازم على المدى الطويل (لمدة ١٠٠ سنه) فى النيتروجين السائل بنحو ٢٥٪ من تكلفة حفظة فى حرارة –١٨°م، مع ما يتطلبه ذلك من اختبارات الإنبات وتجديد للبذور على فترات (عن Roos ١٩٨٩)

ولمزيد من التفاصيل عن مشاكل حفظ الجيرمبلازم فى النيتروجين السائل يراجع Sakai & Nashiro (١٩٧٥)

ولمزيد من التفاصيل عن حفظ الجيرمبلازم بتخزين البذور فترات طويلة فى الحرارة المنخفضة – بصورة عامة – يراجع Harrington (١٩٧٠)، و Roberts (١٩٧٥)، و Bass (١٩٨٠)

جدول (١٣-٣): تأثير تخزين بذور بعض محاصيل الخضر فى النيتروجين السائل على نسبة الإنبات

المحصول	رطوبة البذور (٪)	نسبة الإنبات الأولية (٪)	الإنبات (٪) بعد الحفظ فى النيتروجين السائل لمدة		
			أسبوع	شهر	٦ شهور
الفاصوليا	٧	١٠٠	—	١٠٠	—
البنجر	٦,٣	٩٦	٩٦	٩١	—
الكرنب	٦,٢	٩٨	٩٤	٩٥	٩٢
القاوون	٥	٩٠	٨٩	٨٩	٩٢
الجزر	٦,١	٨٧	٨٢	—	—
الخيار	٥,١	٩٥	٩٤	٩٥	٩٢
الباذنجان	٦,٢	٩٥	٩٥	٩٤	٩٢
الخس	٨,٠	٩٩	٩٩	٩٩	—
البصل	٦,٢	٩٨	٩٩	٩٩	٩٨
البسلة	٧,٢	٩١	—	٩٦	—
الفلفل	٦,٢	٩٣	٩١	٩٥	٩٣
الكوسة	٦,٧	٨٢	٧٣	٧٧	٧٩
الطماطم	٥,٣	٩١	٩٦	٩٢	٩٣
البطيخ	٩	٩٤	٩٥	—	—

تخزين بذور الجيرمبلازم ذات المحتوى الرطوبى المرتفع فى الحرارة المنخفضة

إن من أهم مشاكل حفظ البذور ذات المحتوى الرطوبى المرتفع recalcitrant seed. ما يلى

١ – الأضرار التى تنشأ نتيجة فقدها للرطوبة

٢ – أضرار البرودة التى تحدث مع المحتوى الرطوبى المرتفع.

٣ – أضرار النموات الميكروبية التى تزداد احتمالات حدوثها مع المحتوى الرطوبى المرتفع (Towill ١٩٨٩).

هذا إلا أنه أمكن حفظ البذور ذات المحتوى الرطوبى المرتفع فى النيتروجين السائل بالاستعانة بالـ cryoprotectants (Roos ١٩٨٩).

كذلك امكن حفظ بذور الـ lychee (*Litchi chinesis*)، والـ longan (*Dimocarpus longan*) وكلاهما recalcitrant أمكن حفظهما لفترات طويله بلغت ١٢ أسبوعا (مع الحصول على ٩٢٪ إنبات)، و ٧ أسابيع (مع الحصول على ٧٠٪ إنبات) للنوعين على التوالى – فى ٨٠٪ N_2O (nitrous oxide) + ٢٠٪ أكسجين. مقارنة بنسب إنبات بلغت ٤٤٪، وصفر٪ للنوعين على التوالى – عندما خزنت بذورهما لنفس الفترات فى الهواء (Sowa وآخرون ١٩٩١)

وتجدر الإشارة – فى هذا المقام – الى أن بذور بعض النباتات يمكن أن تحتفظ بحيويتها لفترات طويلة وهى مشبعة بالماء imbibed، مع حفظها فى ظروف لا تسمح باستمرار الإنبات ويحاول الإنسان - بذلك - محاكاة الطبيعة حينما تتتبع لبذور التى توجد تحت أشجار الغابات بالماء، ولكنها لا تباشر الإنبات، لوجودها تحت غطاء سميك من البقايا النباتية غير المتحلله والمتحللة جزئيًا، ولكثافه الغطاء النباتى الذى يقلل كثيرا من وصول الضوء إليه وربما تصلح هذه الطريقة لتخزين بذور الأنواع النباتية التى يتدهور انباتها عند تجفيفها، إلا أن تلك الطريقة لا تتبع – إطلاقا – فى حفظ الجيرمبلازم فى الوقت الحالى. ولمزيد من التفاصيل عنها يراجع Villiers (١٩٧٥)

حفظ جيرمبلازم النباتات الخضرية التكاثر

تتبع عده طرق فى حفظ جيرمبلازم النباتات التى تتكاثر خضريًا، منها ما يلى

الإكثار الخضرى

يتطلب حفظ الجيرمبلازم – بطريق الإكثار الخضرى – إعادة زراعه السلالات الخضريه سنويًا بالنسبة للمحاصيل الحولية مثل البطاطس، وكل عدة سنوات بالنسبة للمحاصيل المعمرة. وفضلا عن أن هذه الطريقة تعد مكلفة للغاية، وتتطلب جهدا كبيرا، ومساحات كبيرة لتنفيذها فإن الجيرمبلازم يتعرض للإصابة بالأمراض الفيروسية التى تلازمه بعد ذلك، مما يتطلب جهودا كبيرة إضافية للمحافظة عليه

تخزين الطعوم

يمكن تخزين الطعوم scion التى تؤخذ من السلالات الخضرية فى حرارة، تتراوح

بين الصفر، و ٥°م، ولكن يعاب على هذه الطريقة أن فترة التخزين لا تدوم سوى بضعة شهور، أو سنوات قليلة.

تخزين بذور السلالات الخضرية

برغم أن البذور الحقيقة (الجنسية) لا تعطى – عند زراعتها – نباتات مشابهة للسلالات الخضرية التى أخذت منها . إلا إنها تحتوى على جميع الجينات، التى يظهر تأثيرها فى السلالة الخضرية وتتبع هذه الطريقة – حاليًّا – فى حفظ سلالات بعض المحاصيل الخضرية التكاثر مثل البطاطس ولقد وجد Barker & Johnston (١٩٨٠) أن بذور البطاطس الحقيقية يمكن تخزينها لمدة ١٠ سنوات تحت الظروف العادية، دون أن يحدث لها أى نقص فى نسبة – أو قوة – الإنبات، كما ظلت نسبة إنبات البذور عالية بعد ١٥–٢٠ سنة من التخزين، إلا أنها كانت أبطأ فى الإنبات، وأقل فى قوة نمو البادرات. وكما هى الحال بالنسبة لبذور النباتات التى تتكاثر جنسيًّا فإن بذور السلالات الخضرية يمكن أن تُخزَّن فى النيتروجين السائل لأمد بعيد.

وتتميز طريقة حفظ جيرمبلازم النباتات الخضرية التكاثر بتخزين البذور بسهولتها وقلة تكلفها، كما تفيد فى التخلص من العدد الأكبر من الفيروسات التى تصيبها، إذ لا تنتقل بطريق البذور سوى نسبة قليلة جدًّا من الفيروسات، بالإضافة إلى سهولة نقل الجيرمبلازم بهذه الطريقة من دولة إلى أخرى (Foldo ١٩٨٧)

تخزين حبوب اللقاح

تتميز حبوب اللقاح بتحملها لظروف التخزين سواء أكانت فى حرارة –٢٠°م، أم فى النيتروجين السائل على حرارة –١٩٦°م، وهى وسيلة سهلة وبسيطة لحفظ جيرمبلازم مختلف الأنواع النباتية سواء أكانت جنسية، أم خضرية التكاثر كما أن حبوب لقاح بعض الأنواع – مثل الطماطم (Sacks & Clair ١٩٩٦) – تتحمل التجميد على –٨٠°م ثم التدفئة إلى ٢٢–٢٤°م ست مرات دون أن تتأثر حيويتها

ويعاب على الاعتماد على حبوب اللقاح – فى حفظ الجيرمبلازم – أنها لا تمثل سوى نصف الجينات التى يحملها الفرد، فهى لابد أن تستخدم فى تلقيح نباتات

أخرى من نفس النوع لدى إخراجــها مـن المخــازن، نظـرًا لعـدم توفـر الطـور الجـاميطى المؤنث لنفس السلالة حينئذٍ، كذلك فإن فقد الطور الجاميطى المؤنث يعنى فقدا لمـا كـان يحمله من عوامل سيتوبلازمية

وإضافه إلى ما تقدم بيانه من وسائل لحفظ جيرمبلازم النباتــات الخضريــه التكــاثر فإن حفظهـ على صورة مزارع أنسجة أصبح يحظى باهتمام الكثيرين من مربـى النبـات، والمراكز والمؤسسات المهتمة بالمحافظة على الجيرمبلازم، ولذا فإننا نتناوله بشـئ مـن التفصيل تحت العنوان الرئيسى التالى

تخزين مزارع الأنسجة

أصبح تخزين مزارع الأنسجة إحدى الوسـائل الهمـة لتخزيـن جـيرمبلازم النباتـات الخضريه التكاثر

وتعـد مـزارع القمـة الناميـة المرسـتيمية أفضـل مـزارع الأنســجة لحفـظ جــيرمبلازم السلالات الخضرية وتكون النباتات المتحصل عليها – بهذه الطريقـة صغـيرة جـدًا، وأوراقهـ دقيقة، وسيقانها رفيعة للغاية وعلـى الرغـم مـن أن نموهـا يكـون سـريعا فـى البدايه إلا أنه يصبح بطيئًا بمجرد اسـتنفذ العنـاصر المغذيـة فـى بيئـة الآجـار. وتبقـى النباتات حية على هذه الصورة دون نمو يذكر – لعدة شهور ويمكن اسـتمرار حفظـها فى أنابيب الاختبار على بيئة مغذية لمدد غير محدودة، بتجديد المزارع كل ٦ أشــهر إلى ١٢ شهرا، ويجرى ذلك بقطع أجزاء صغيرة من المزارع، تحتوى كل منها على عقدة من الساق، والورقة التى توجد عندها، ثم نقلها إلى مزارع جديدة

مزايا تخزين الجيرمبلازم على صورة مزارع أنسجة

من أهم مزايا تخزين الجيرمبلازم على صورة مزارع أنسجة، ما يلى

١ إمكان تخزين مجموعات كبيرة من سلالات الجيرمبلازم فى حيز صغير، مقارنة بالزراعة الحقلية فيمكن – على سـبيل المثـال – تخزيـن ٨٠٠ سـلالة عنـب، بواقـع ٦ مكررات لكل منها فى مساحة ٢م^2، مقارنة بالحاجة إلى نحو هكتـار مـن الأرض (٣٨ ٢ فدان) لزراعة نفس العدد من النباتات

٢ – تُحفظ النباتات خالية من الآفات ومسببات الأمراض، بما فى ذلك الفيروسات.

٣ – يمكن – عند الرغبة – إنتاج أعداد كبيرة من النباتات بسرعة كبيرة.

٤ – ونظرًا لخلو مزارع الأنسجة من الأمراض والآفات فإنه يمكن نقلها بسهولة من دولة لأخرى، مع تقليل إجراءات الحجر الزراعى (Salih وآخرون ٢٠٠١).

٥ – يمكن المحافظة على النباتات فى مزارع الأنسجة بإعادة زراعتها كل ٤–٨ أسابيع بصورة منتظمة لمدد غير محددة.

عيوب تخزين الجيرمبلازم على صورة مزارع أنسجة

يعاب على هذه الطريقة أن إنتاج مزارع الأنسجة يتطلب وقتًا طويلاً، كما أن زراعة النباتات بعد ذلك تتطلب وقتًا طويلاً أيضًا حتى تزهر وتثمر. ولا تخفى علينا الأخطار التى تواجه مجموعات الجيرمبلازم المخزنة من جراء الكوارث الطبيعية، أو الأخطاء البشرية، أو انقطاع التيار الكهربائى، أو التلوث الميكروبى والإصابة ببعض آفات المزارع، مثل العناكب mites (Brooks & Barton ١٩٨٣).

الطريقة

تتبع طريقة مزارع القمة الميرستيمية على نطاق واسع لإكثار وحفظ سلالات عديدة من النباتات، ففى العنب – على سبيل المثال – تزرع القمة النامية لساق النبات فى أنابيب اختبار تتوافر بها بيئة مغذية، تحتوى على تركيز مرتفع من أيون البوتاسيوم، وتركيز منخفض (٠.١ جزءًا فى المليون) من منظم النمو إندول حامض الخليك IAA تحفظ الأنابيب فى حرارة ٢٠°م، وتعرض لإضاءة ضعيفة (٣٠٠ lux) لمدة ١٢ ساعة يوميًا تنمو الساق، وتتكون الجذور فى خلال ٢٠ يومًا، ويعقب ذلك نقل النباتات الصغيرة plantlets إلى بيئة تحتوى على تركيز أقل من أيون البوتاسيوم (مثل محلول نوب Knop المغذى)، وخالية من الأوكسين. حيث يصل طولها إلى نحو ١٠ سم فى حوالى ١٠ شهور، ويمكن إكثار هذه النباتات بعد ذلك بالعقل الساقية، حيث تؤخذ النباتات الصغيرة من أنبوبة الاختبار، وتقطع إلى أجزاء صغيرة يحتوى كل منها على عقدة وورقة، وتنقل هذه الأجزاء – بعد ذلك – إلى بيئة جديدة، فى حرارة ٢٠°م، حيث تنتج

كل منها نباتا جديدًا في غضون ٥٠ يومًا، ثم تنقل – بعد ذلك – إلى حرارة ٩°م، حيث يقل معدل نموها تدريجيًا إلى أن يتوقف وبرغم توقف نمو النباتات إلا أنها تبقى حية ولو أخذت منها عقل بعد فترات طويلة تصل إلى ٢٩٠ يومًا، ووضعت في بيئة جديدة في حرارة ٢٠°م فإنها تبدأ في النمو في الحال، وهو ما يعني إمكان حفظ النباتات بهذه الطريقة، مع إعادة زراعتها في بيئة جديدة سنويًا

تتميز مزارع القمة الميرستيمية بإمكان استخدامها في الإكثار الخضرى، وإنتاج أعداد هائلة من النباتات في فترة قصيرة، فيمكن – في حالة مزارع العنب – الحصول على ٥ عقل cuttings من النباتات الصغيرة شهريًا، وهذا يعني أنه يمكن إنتاج أكثر من ١٠ مليون نبت صغير من قمة ميرستيمية واحدة في السنة (تسمى السلالات المنتجة بهذه الطريقة mericlones) وفضلاً على أن مزارع القمة الميرستيمية تكون خالية من الإصابات الفيروسية . فإن بقاءها في بيئة معقمة يحميها من التعرض للإصابة بالفيروسات والآفات الأخرى وتعد هذه المزارع مناسبة لحفظ جيرمبلازم النباتات التي لا تتحمل بذورها التجفيف، وهي التي لا يمكن أن تخزن بذورها. كما تتوفر النباتات الصغيرة طوال العام، ويمكن نقلها من دولة إلى أخرى دون مشاكل في الحجر الزراعي

هذا ويلاحظ أن معظم النباتات الصغيرة تعطي – عند زراعة ميرستيمها القمي في بيئات مغذية - نموات تشبه الكالوس Callus-like outgrowth، أو سيقانا مشوهة، وصفراء، ولا يحدث التميز differentiation إلا عند توفر بعض المواد في البيئة، وأهمها حامض الجبريلليك بتركيز ١٠ جزءًا في المليون وأيون البوتاسيوم بتركيز مرتفع يصل إلى ١٠ مللي مكافئ/لتر، مقارنة بتركيز ٨٠ مللي مكافئ/لتر في بيئة White، و ٢١ مللي مكافئ/لتر في بيئه Gautkeret، وهي بيئات تستعمل في مزارع الأنسجه الأخرى (١٩٧٥ Morel)

وسائل الحد من معدل النمو النباتي في مزارع الأنسجة المخزنة

إن من أهم الوسائل التي اتبعت لتقليل معدل النمو في مزارع الأنسجة والخلايا – بهدف تقليل معدل إعادة الزراعة وتجديدها - ما يلي

١ - استعمال البيئات غير الغنية ومثبطات النمو

يفيد استعمال البيئات غير الغنية باحتياجات النمو (minimal media)، والتى يضاف إليها بعض مثبطات النمو مثل حامض الأبسيسك، أو خلو البيئات من السكروز يفيد ذلك كله فى تأخير الحاجة إلى تجديد زراعة المزارع.

٢ – تغطية البيئة وما بها من نمو بالزيوت المعدنية:

أفادت - كثيرًا – تغطية مزارع كالوس الجزر بالزيت المعدنى فى تقليل معدل نمو الكالس، وبذا أخرت الحاجة إلى تجديد المزارع

٣ – التجفيف

أمكن تجديد نمو الكالوس المجفف بعد سنة من التخزين، كما أمكن حفظ الأجنة الجسمية لعديد من النباتات مجففة.

٤ – الضغط المنخفض وتركيز الأكسجين المنخفض

أمكن خفض معدل نمو مزارع الأنسجة لعديد من النباتات (مثل التبغ، والطماطم، والأقحوان) إلى الربع بتخفيض الضغط الجوى وتركيز الأكسجين (عن Bajaj ١٩٩٥).

٥ – التخزين فى الحرارة المنخفضة

يمكن تخزين مزارع أنسجة الجيرمبلازم فى حرارة ١ إلى ٩°م (وقد يتسع المدى ليتراوح بين –٣، و ١٥°م)، وهو مدى حرارى ينخفض فيه معدل تدهور المزارع، ولكنه لا يوقف نشاطها كلية كما فى حالة التجميد على –١٩٦°م، ولذا .. يلزم تجديد المزارع على فترات تكون متباعدة نسبيًا وتتبع تلك الطريقة فى حفظ مزارع عديد من النباتات وخاصة أنواع الفاكهة.

وقد يكون تخزين المزارع فى ظروف محدِّدة للنمو restrictive gr th conditions تشمل – إضافة للحرارة المنخفضة – إضاءة ضعيفة، وشد أسموزى خفيف، مع إضافة بعض مثبطات النمو إلى بيئة الزراعة، بهدف إبطاء نمو المزارع إلى أدنى مستوى ممكن؛ فلا يحتاج الأمر إلى إعادة تجديدها إلا على فترات متباعدة

وعلى سبيل المثال .. أمكن بهذه الطريقة تخزين مزارع الفراولة لمدة ست سنوات لم تحتج خلالها المزارع إلا لتزويدها بالماء لتعويض المفقود منها بالبخر كذلك احتفظت

مزارع الثوم بحيويتها لمدة ١٦ شهرا على حرارة ٤ْم فــى بيئـة زودت بالسـكروز بـتركيز ١٠٠ جم/لتر (Towill ١٩٨٩)

وقد اتبعت طريقة تخزين المزارع فى الحرارة المنخفضة الأعلى من درجة التجمد (٢-٨ْم) فى حفظ مزارع الأنسـجة أكثر من أى من الطرق الأخرى، وفى عدد كبير من الأنواع النباتيـة، وتباينت مدة حفظ المزارع - قبل تجديدها - من شـهور إلى سـنوات فمثـلا حفظت مـزارع الأقحوان والبيتونيا على ٤-٥ْم لمدة ٦ سنوات، مع تعريضها للضوء على فترات متباعدة، حيث أزهرت حينما نقلت إلى الأصص دون أن تلاحظ عليها أية نموات غير طبيعية

كذلـك يحتفـظ معـهد البطـاطس الـدولى بمجموعاتـه مـن سـلالات البطـاطس (٥٥٦٦ سـلالة)، والبطاطا (٢٢٦ سـلالة)، وغيرهما من المحاصيل الجذريـة والدرنيـة الاسـتوائية (٢٢٦ سلالة) على صورة مزارع أنسـجة (إحصائيـات عـام ١٩٩٥)، ويتـم التخزيـن فـى حرارة منخفضة نسـبيًا (٦ْم للبطـاطس، و ١٨ْم للبطاطـا)، وباسـتعمال بيئـات محـدِّدة للنمو، حيث لا يحتاج الأمر إلى تجديد مزارع البطاطس قبل سنتين، والبطاطا قبـل سـنة (Golmirzaie & Ghislain ١٩٩٥)

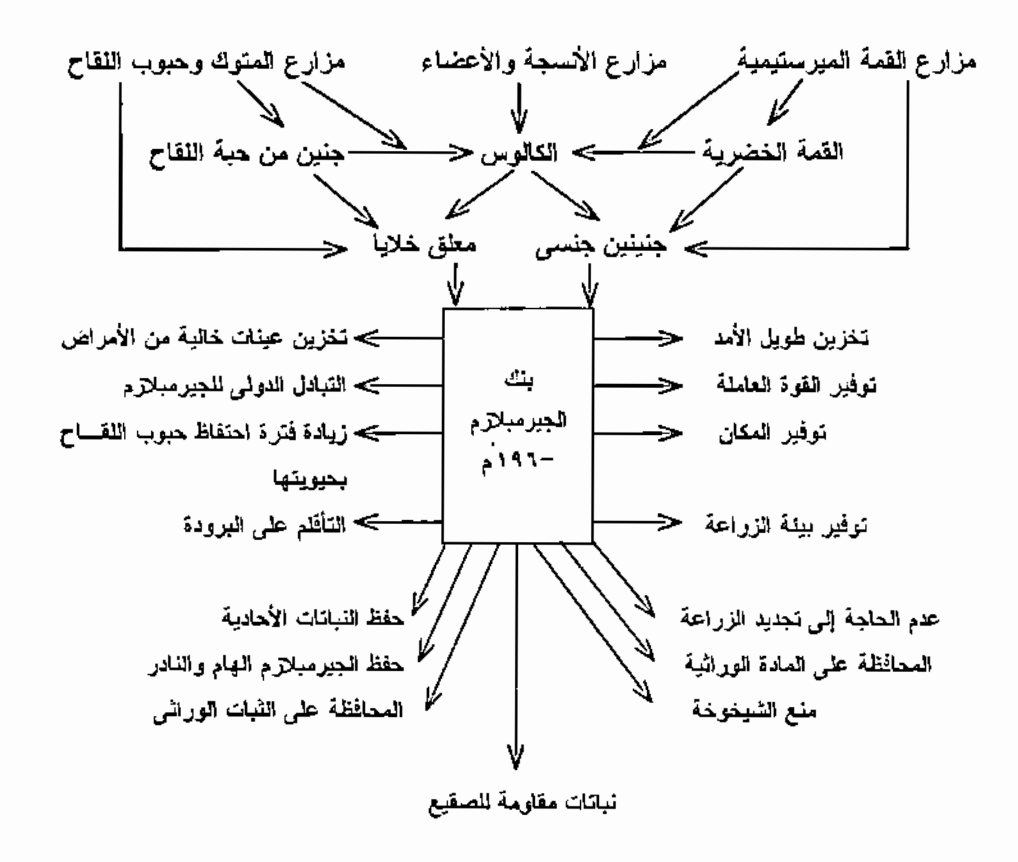
٦ - التخزين فى النيتروجين السائل:

يعد التخزين فــى النيـتروجين السـائل علـى -١٩٦ْم هـو الطريقـة الوحيـدة الفعالـة لتخزين مزارع الأنسـجة والخلايا لأمد طويل (عن Bajaj ١٩٩٥)، الأمر الـذى نتناولـه - فيما يلى - بشئ من التفصيل

تخزين مزارع الأنسجة فى النيتروجين السائل

نستعرض أولاً - وقبل الدخول فى تفاصيل موضوع تخزين مزارع الأنسـجة فى النيتروجين السائل - تخطيطاً (شكل ١٣-١) يمثل أهمية هذا الموضوع بالنسبة لبنوك الجيرمبلازم

تحفظ مزارع الأنسـجة فى النيتروجين السائل على -١٩٦ْم لمدة غـير محـدودة، ففـى تلك الدرجة تبقى الخلايا فى حالة توقف تام عن النشـاط. ونظريًـا إذا أمكـن تجميـد المزارع وتفكيكها دون الإضرار بها فإنها يمكن أن تحفظ فى النيتروجين السـائل إلى مـالا نهاية



شكل (١٣-١): رسم تخطيطى يمثل تخزين مزارع الخلايا، والأنسجة، والأعضاء فى النيتروجين السائل وأهميتها بالنسبة لبنوك الجيرمبلازم (عن Bajaj ١٩٩٥).

ومن الطبيعى أنه يلزم توفير مصدر دائم للنيتروجين السائل (وهو رخيص نسبيًا) للمحافظة على المزارع فى حرارة مأمونة

وتعد مزارع القمة الميرستيمية، ومزارع الأجنة، والنباتات الصغيرة أفضل من مزارع الخلايا عند حفظ الجيرمبلازم بالتجميد، حيث تعد النوعيات الأولى أكثر قدرة على البقاء فى النيتروجين السائل، ولا تتعرض لعدم الثبات الوراثى مثلما تتعرض له مزارع الخلايا، كما أن الخلايا تفقد بعد فترة من التخزين خاصية الـ totipotency

ولقد أمكن بهذه الطريقة حفظ مزارع أنسجة عديد من النباتات – جنسية وخضرية التكاثر – منها الجزر، والفراولة، والطماطم، والبسلة، والبطاطس، والذرة، والتبغ، وغيرها

مزايا التخزين فى النيتروجين السائل

تتلخص أهم المزايا المرتقبة لحفظ مزارع الأنسجة والخلايا – والجيرمبلازم عمومًا – فى النيتروجين السائل، فيما يلى

١ – حفظ التباينات الوراثيه الجسمية والجاميطية التى تظهر فى المزارع

٢ – حفظ التجانس الوراثى للسلالات الخضرية من النبتات الخضرية التكاثر

٣ – حفظ البذور التى تفقد حيويتها عند التجفيف (recalcitrant seeds) وذلك بتجميد الأجنة الكاملة أو أجزاء منها

٤ – حفظ الجيرمبلازم النادر، والذى يتوقع اختفاءه

٥ – حفظ سلالات مزارع الخلايا التى تستعمل فى إنتاج العقاقير

٦ – حفظ مزارع القمة الميرستيمية الخالية من الفيروسات بهدف الإكثار، والتبادل الدولى الآمن للجيرمبلازم

٧ – الوقف التام لحالة التدهور التى تحدث – عادة – بمرور الوقت فى المزارع التى لا تخزن فى النيتروجين السائل

٨ – تخزين حبوب اللقاح، الأمر الذى يفيد فى

أ – إجراء التهجينات بين النبتات التى لا تتوافق فى مواعيد إزهارها

ب – إجراء التهجينات بين النباتات التى تنمو فى أماكن مختلفه وبعيده عن بعضها البعض

جـ – تقليل انتشار الأمراض بواسطة الكائنات الناقلة لحبوب اللقاح

د – حفظ الجيرمبلازم لفترات طويلة (عن Bajaj ١٩٩٥)

خطوات عملية الحفظ فى النيتروجين السائل

تمر عملية حفظ المزارع بالتجميد فى النيتروجين السائل بالخطوات التالية

١ – إنتاج المزارع ذاتها
٢ – إضافة مادة واقية مناسبة من أضرار حرارة التجمد cryoprotectant
٣ – تعريض المزارع لحرارة فائقة البرودة
٤ – تخزين المزارع فى النيتروجين السائل.
٥ – تفكيك المزارع عند الرغبة فى استعمالها
٦ – إزالة الـ cryoprotectant بالغسيل
٧ – فحص حيوية المزارع
٨ – تجديد زراعة المزارع
٩ – إكثار نباتات من المزارع

طرق تجميد المزارع

تتبع فى تجميد المزارع إحدى الطرق التالية

١ – التجميد التدريجى البطئ

يكون التجميد البطئ بخفض الحرارة بمعدل ٠.٥–٤°م كل دقيقة من الصفر حتى –١٠٠°م، الأمر الذى يتحقق باستعمال منظم حرارى للتجميد cryostat يتوفر تجاريًا، ثم تنقل المزارع إلى النيتروجين السائل وتناسب تلك الطريقة مزارع الخلايا المعلقة كذلك تمكن Reed & Lagerstedt (١٩٨٧) من حفظ القمم الميرستيمية لخمس سلالات من الـ *Rubus*، تنتمى لأربعة أنواع بتبريدها ببطء، بمعدل ٠.٨°م كل دقيقة إلى أن وصلت حرارتها إلى –٤٠°م، ثم بردت بسرعة – بعد ذلك – حتى –١٩٦°م فى وجود مواد حامية cryptoprotectants. وقد أمكن – بعد ذلك – تبريدها بسرعة إلى حرارة الغرفة واستعادت القمم الميرستيمية نموها فى بيئة آجار بعد ذلك، إما بشكل مباشر. وإما فى صورة كالوس، وقد كانت أفضل المواد الحامية خليطا من البلولينيين جليكول، والجلوكوز، والـ dimethylsulfoxide.

٢ – التجميد السريع

يجرى التبريد السريع إما بغمر المزارع فى النيتروجين السائل أو بسكبه عليها حيث يكون التبريد بمعدل يزيد عن ١٠٠٠°م فى الدقيقة، لكن يفضل تبريد المزارع أولا إلى –١٥°م قبل بدء التبريد السريع.

٣ – التبريد التدريجي، ثم السريع :

يكون من المفضل - أحيانا – تبريد المزارع بمعدل درجة مئوية أو خمس درجات مئوية في الدقيقة حتى –٣٠ إلى –٥٠°م وتركها في ذلك المدى لمدة ٣٠ دقيقة قبل غمسها في النيتروجين السائل، والهدف من ذلك تجنب تكوين البللورات الثلجيه في الخلايا

٤ التجميد على خطوات

يجرى التجميد على خطوات بخفض الحرارة إلى –٢٠°م، ثم إلى –٥٠°م، ثم الى –٧٠°م، ثم إلى ١٠٠°م، ثم إلى –١٩٦°م، على أن تتم تلك الخطوات وفق برنامج زمنى محدد (عن Bajaj ١٩٩٥)

وعلى الرغم من أن حفظ مزارع الأنسجة – بمختلف أنواعها - في النيتروجين السائل يجرى بتطبيق خطوات محددة واحدة بالنسبة لجميع الأنواع النباتية، الاّ أن التفاصيل الدقيقة لكيفية إجراء تلك الخطوات تختلف من محصول لآخر. ويمكن – على سبيل المثال – الرجوع إلى تلك التفاصيل بالنسبة لأكثر من ٤٠ نوعا من النباتات الاستوائية في Engelmann (١٩٩١)، والبطاطس والكاسافا في Bajaj (١٩٩٥)، والفراولة في Reed & Hummer (١٩٩٥) كما قدم Bajaj (١٩٩١، و ١٩٩٥) قوائم طويلة بالأنواع المختلفه من مزارع الأنسجة والخلايا التي أمكن حفظها في النيتروجين السائل في مختلف الأنواع النباتية كذلك يمكن الرجوع إلى Henshaw واخرين (١٩٨٠) بخصوص تخزين مزارع أنسجة البطاطس، و Withers (١٩٨٠، و ١٩٨٥) بالنسبة لحفظ مزارع الخلايا والأنسجة في النيتروجين السائل، و Brooks & Barton (١٩٨٣)، و Towill (١٩٨٨).

٩ - حماية الخلايا من أضرار الحرارة الشديدة الانخفاض

إن من أهم الأمور التي تجب مراعاتها عند حفظ مزارع أنسجة الجيرمبلازم في النيتروجين السائل حماية الخلايا من الأضرار التي يمكن أن تسببها الحرارة الشديدة الانخفاض

ومن أهم وأكثر الأضرار شيوعا تكوين بللورات ثلجية كبيرة داخل الخلايا (وهي

التى تؤدى إلى تمزيق عضيات الخلية والخلية ذاتها)، وزيادة تركيز العصير الخلوى إلى مستويات سامة

ومن أهم أنواع المركبات التى تستخدم فى حماية مزارع الأنسجة والخلايا من أضرار الحرارة الشديدة الانخفاض - وهى التى تعرف باسم cryprotectants - ما يلى:

- داى مثيل سلفوكسيد dimethylsulfoxide (اختصارًا DMSO).
- DMSO مع أى من: السكروز، أو الجلوكوز، أو الإثيلين جليكول ethylene glycol، أو البروبلين جليكول propylene glycol، أو البوليثيلين جليكول polyethylene glycol، أو البرولين proline، أو السوربيتول sorbitol
- أى من المركبات السابقة منفردة

تستخدم تلك الـ cryoprotectants بإذابتها فى بيئة الزراعة

ومن أكثر المواد استعمالا الـ DMSO، كما قد يستعمل الجليسرول glycerol إما منفردًا، وإما مع الـ DMSO، إلا أن الـ DMSO هو الأكثر كفاءة والأكثر استعمالا كذلك تفوق البرولين على كل من الـ DMSO والجليسرول منفردين أو مجتمعين فى مزارع معلقات الخلايا لبعض الأنواع النباتية.

يتراوح التركيز المناسب من الـ DMSO بين ٥٪، و ٨٪ فى مزارع الخلايا وحتى ٢٠٪ فى مزارع القمة الميرستيمية، بينما يبلغ التركيز المناسب للبرولين ١٠٪ وتتم إضافة تلك المركبات للمزارع على مدى ٣٠-٦٠ دقيقة فى حرارة قريبة من الصفر المئوى (عن Bhojwani & Razdan ١٩٨٣)

كذلك فإن محاليل الـ cryoprotectants، ومعدلات التبريد والتدفئة التى تحفز وتحافظ على تكوين "الزجاج" (حالة الـ vertification) فى المزارع تعد مناسبة للحفظ فى النيتروجين السائل وتجدر الإشارة إلى أن عملية تكوين هذا "الزجاج" المفيدة فى حالة الـ cryopreservation لمزارع الأنسجة تختلف تماما عن حالة الـ vertification، وهى النمو غير الطبيعى الذى يشاهد أحيانًا فى مزارع الأنسجة (عن Towill ١٩٨٩)

إن الكيفية التى تعمل بها الـ cryoprotectants لا تعرف على وجه التحديد، ولكن

يعتقد بأنه تلعب دورا أسموزيًا (بإنقصاها المحتوى الرطوبى للخلايا)، كما قد تعمل على حماية الأغشية الخلوية ومواقع ارتباط الإنزيمات بالمواد التى تعمل عليها enzymatic binding sites من أضرار التجمد (Engelmann ١٩٩١)

تقنيات حفظ الجيرمبلازم الحساس لعملية التجميد

إن من أهم التقنيات التى اتبعت لأجل حفظ الجيرمبلازم فى صوره المختلفة بالتجميد، وخاصة الصور الحساسة لعملية التجميد، دون الإضرار به، ما يلى

١ - التزجيج أو التزجج.

تتضمن عملية التزجيج أو التزجج vertification معاملة المزارع بتركيزات عاليه من لمواد التى تحميها من الحرارة الشديدة الانخفاض cryoprotectants، ويفيد ذلك فى لإسراع بعملية التبريد دونما حاجة إلى التبريد البطئ الموقوت باستعمال منظمات حرارية cryostats ويلغى التزجج التام أية فرصة لحدوث أضرار من تبلور الثلج بين لخلايا أو داخلها وفى الحقيقة فإن التزجج هو عملية تكوين ماده صلبه غير متبلورة شبيهه بالزجاج عند نقطة التجمد لمحلول مائى وفى الحرارة المنخفضة بما فيه لكفاية، يصبح محلول الـ cryprotective المركز عالى الكثافه إلى درجة أنه يتصلب إلى حالة مستقرة شبيهة بالزجاج ويكون الهدف هو الحصول على تركيز عال من المحلول كافٍ لمنعه من التجمد فى صوره ثلج متبلور عند تبريده، وتأكيد تحوله إلى الصورة الزجاجية غير المتبلورة

تغلف الاجنة

يعرف تغليف الأجنة باسم "كبسلة" أى وضعها فى كبسولة encapsulation، أو تغطيتها بالألجينيت alginate coating فمثلا يتم فى الجزر تغليف الأجنة الجسيمة بالألجينيت، ثم تترك فى ١٠،٢٪ سكروز (الذى يقوم بالحماية من البرودة الشديدة cryoprotection)، ثم تجفف لمدة ٤ ساعات فى laminar flow، ثم تعرض للتجميد الفجائى فى النيتروجين السائل وقد أعطت الأجنة التى عوملت بهذه الكيفية حيوية بنسبة ٩٢٪ بعد تفكيكها، حيث نمت تلك الأجنة مباشرة إلى نباتات بعد تهيئة الظروف المناسبة لنموها.

٣ - التجفيف باستعمال السيليكاجل.

أمكن تحسين قدرة الأجنة الخضرية لنخيل الزيت على تحمل التجمد كثيرا

بتعريضها للتجفيف، وذلك بتركها لمدة ٦–١٨ ساعة فى الظلام فى هواء صندوق محكم يحتوى على ٤٠ جم من السليكاجل silica gel، وذلك قبل غمسها فى النيتروجين السائل (Bajaj ١٩٩٥).

ما يتعين مراعاته لأجل المحافظة على المزارع بحالة جيدة بعد تجميدها

لأجل المحافظة على مزارع الأنسجة بحالة جيدة بعد تجميدها، تجب مراعاة ما يلى

١ – التخزين المتواصل فى الحرارة المنخفضة

إن المحافظة على المزارع المجمدة فى الحرارة المناسبة أثناء التخزين لا يقل أهمية عن عملية التجميد ذاتها. ففى حرارة تزيد عن –١٣٠°م يمكن أن تتكون وتنمو البللورات الثلجية داخل الخلايا، مما يضعف حيويتها ولذا فإن التخزين لفترات طويلة على –١٩٦°م يتطلب إجراء ذلك فى ثلاجة نيتروجين سائل ولحفظ حوالى ٤٠٠٠ "أمبولة" سعة كل منها ٢ مل يلزم نحو ٢٠–٢٥ لترًا من النيتروجين السائل أسبوعيًا ولا تحتاج المزارع إلى أى رعاية إضافية متى توفر لها النيتروجين السائل بانتظام

٢ – تفكيك المزارع بحرص عند الرغبة فى استعمالها:

يجرى التفكيك السريع للمزارع المجمدة على –١٩٦°م بغمسها فى الماء على حرارة ٣٧–٤٠°م، مما يعطى تفككًا بمعدل ٥٠٠–٧٥٠°م فى الدقيقة وبعد حوالى ٩٠ ثانية تنقل المزارع إلى حمام ثلجى حيث تبقى لحين إعادة زراعتها أو اختبار حيويتها يعمل التفكيك السريع على تجنب تكوين البللورات الثلجية التى تقضى على المزارع.

٣ – غسيل المزارع قبل إعادة زراعتها:

تتم قبل إعادة الزراعة غسيل المزارع عدة مرات لأجل التخلص من الـ cryoprotectant، ولكن ذلك الإجراء قد لا يكون ضروريًا مع كل الأنواع النباتية، وقد يضر أحيانًا بالمزارع (عن Bhojwani & Razdan ١٩٨٣)

العوامل المؤثرة فى تحمل المزارع لعمليتى التجميد والتفكيك

يعتمد تحمل مزارع الأنسجة والخلايا لعمليات التجميد والتفكيك على عدد من العوامل، نذكر منها ما يلى:

١ - الحالة الفسيولوجية للمزرعة التي يراد حفظها، وعمرها، وطبيعتها

٢ تركيز الـ cryoprotectants وطبيعتها

٣ – طريقة التجميد

٤ – درجة حرارة التخزين

٥ – طريقة التفكيك.

٦ – طريقة تقدير حيوية المزرعة

وعمومًا .. فإنه للحصول على أفضل النتائج مع مزارع الأنسجة والخلايا المجمدة .. يجب أن تؤخذ الأمور التالية في الحسبان:

١ – تتحمل مزارع معلقات الخلايا التي تجدد على فترات محددة (وهي في مرحلة نموها اللوغاريتمي) تتحمل التجمد أكثر من المزارع المسنة التي تكون فيها الخلايا كبيرة وسمكية الجدر وذات فجوات عصارية، بينما تكون خلايا المزارع النشطة رقيقة الجدر وممتلئة بالسيتوبلازم وتخلو من الفجوات العصارية، وصغيرة الحجم ومكونة لتجمعات

٢ -- يلزم لحفظ نباتات المزارع والأعضاء الكاملة والأجنة تجفيفها جزئيًا قبل تجميدها

٣ – ضرورة الاستعانة بمزارع القمة الميرستيمية لسلالات النباتات الخضرية التكاثر، وذلك لضمان خلوها من الفيروسات

٤ تُظهر الأجنة الصغيرة غير المكتملة النمو سواء أكانت جنسية الأصل، أم جسمية، أم من حبوب اللقاح تُظهر قدرًا أكبر من القدرة على تحمل الحرارة المنخفضة عن الأجنة الأكبر سنًا والمكتملة التميز ولذا فإن الأجنة الكروية globular والقلبية الشكل heart-shaped تكون أكثر قدرة على التحمل

ويمكن الاستعانة بالمفاعلات البيولوجية bioreactors في إنتاج أجنة جسمية من مختلف الأنواع النباتية بما في ذلك الأنواع التي تنتج بذورا recalcitrant، وذلك على نطاق واسع، وتجميدها لأجل حفظها واستعمالها في التبادل الدولي للجبرمبلازم

٥ - تباين الأنواع، والأصناف، والسلالات الخضرية، والسلالات البذرية،

والهجن إلخ تتباين فى استجابتها لمعاملات حفظ مزارع خلاياها وأنسجتها بالتجميد

٦ – تعد النباتات الاستوائية – بصورة عامة – أكثر حساسية لعمليات الحفظ بالتجميد عن غيرها من النباتات.

تظهر بفعل الاختلافات الموسمية تغيرات فى البروتينات الذائبة ومستوى السكريات، والكحولات، وهى تغيرات تؤثر بدورها على مدى القدرة على تحمل عمليات الحفظ بالتجميد ولذا فإن الـ explants المتحصل عليها فى الشتاء قد تختلف فى سلوكها عن تلك التى يُتحصل عليها صيفًا.

كذلك تختلف المادة النباتية المأخوذة من المزارع فى سلوكها -- عند حفظها بالتجميد – عن تلك المأخوذة من الحقل

٨ – قبل التجميد . يمكن زراعة الخلايا أو الأنسجة لأيام قليلة على بيئه تحتوى على تركيز منخفض من الـ cryoprotectants (مثلاً: ٥٪ DMSO).

٩ – يجب وضع المزارع فى الثلج أثناء معاملتها بالـ cryoprotectants لتجنب حدوث أى ضرر محتمل

١٠ – تتباين نتائج طرق التجميد المختلفة، وعلى الرغم من احتفاظ نسبة من الخلايا بحيويتها بعد تعريضها للتجميد الفجائى أو التدريجى المنظم، إلاّ أن طريقة الترجيج ثم التجميد الفجائى هى المفضلة

١١ – تُظهر المزارع التى تخزن على –٢٠ أو –٧٠°م تدهورا بمرور الوقت، ولذا فإن التخزين طويل الأمد يجب أن يكون فى النيتروجين السائل

١٢ – تبين من معظم الدراسات أن التفكيك السريع على ٣٥–٤٠°م كان أفضل من الطرق الأخرى. هذا .. إلا أن طرق الصبغ وحدها قد لا تعطى معلومات دقيقة عن احتفاظ المزارع بحيويتها، حيث توجد دائمًا بعض الخلايا التى تموت بعد فترة قصيرة من التفكيك على الرغم من إعطاءها نتائج إيجابية باختبار الصبغة (عن Bajaj ١٩٩٥)

التغيرات الوراثية المصاحبة لتخزين الجيرمبلازم

يصاحب تخزين الجيرمبلازم عادة نوعان من التغيرات الوراثية، هما: التغيرات الوراثية التي تحدث بشكل تلقائي، مثل الطفرات العاملية، والتحورات الكروموسومية، والتغيرات التي تحدث في الجينات gene pool نتيجة للتأقلم الوراثي، والانحراف الوراثي genetic drift، وما قد ينتج عنها من تغيرات في نسب الجينات، أو فقدان بعضها.

الطفرات العاملية

تعد الطفرات العاملية مفيدة، وتسهم في زيادة التباينات الوراثية في الجيرمبلازم، ويزداد تراكم الطفرات في البذور التي تخزن لفترات طويلة.

التحورات الكروموسومية

يحدث استبعاد تلقائي لحالات التحورات الكروموسومية؛ لفشل الانقسام الطبيعي في الخلايا التي تحدث فيها تلك التحورات؛ وبذا .. فإن النباتات التي توجد فيها هذه التحورات لا تشترك - غالبًا - في إنتاج البذور للجيل التالي.

الانحراف الوراثي

يحدث الانحراف الوراثي genetic drift نتيجة لاستعمال عينات صغيرة من البذور في إكثار سلالات الجيرمبلازم المخزنة، ويسهم هذا الانحراف بشكل خطير في تغيير نسب الجينات في العشيرة، وهو أمر يجب تجنبه تمامًا.

ومن المعلوم أنه يتعين إعادة إكثار الجيرمبلازم البذري المخزن كل عدة سنوات، وقبل أن تفقد البذور حيويتها، أو قبل أن يقل المخزون منه (الذي يتناقص نتيجة للتوزيع واستهلاكه في مختبرات الإنبات)، وهي العملية التي تعرف باسم germplasm regeneration ومن الأهمية بمكان أن يستعمل في عملية إعادة الإكثار ما يكفي من البذور للحصول على ٥٠-١٠٠ نبات من كل سلالة (لأجل منع الانحراف الوراثي genetic drift)، يتم زرعها - قدر المستطاع - في بيئات مماثلة لتلك التي جمعت منها (لأجل منع الانتخاب الطبيعي natural selection). ويحدث الانحراف الوراثي

بصورة عشوائية عندما تكون عينة الإكثار صغيرة ولا تمثل فيها كل آليلات مختلف جينات السلاله (عن Singh ١٩٩٣)

هذا .. وقد يحدث الإنحراف الوراثى genetic drift فى أى من مراحل الإكثار التالية:

١ – مرحلة الإنبات·

قد تختلف البذور وراثيًا فى أى من

أ – طول فترة احتفاظها بحيويتها، ويلزم لتجنب ذلك إجراء اختبار الإنبات قبل أن ينخفض إنباتها إلى أقل من ٨٥٪.

ب – سكونها، ويلزم لتجنب ذلك كسر سكون البذور بأى معاملة مناسبة

٢ – مرحلة البادرة والنمو الخضرى·

قد تختلف البادرات وراثيًا فى القدرة عل البقاء لأى من الأسباب التالية.

أ – التفاعل مع العوامل الجوية والأرضية، ويلزم لذلك إجراء الإكثار فى بيئة مماثلة لتلك التى جمعت منها البذور، أو تحت ظروف متحكم فيها.

ب – القابلية للإصابة بالأمراض والآفات، ويلزم لذلك الحماية من الإصابة بالمعاملة بالمبيدات.

جـ – التنافس، ويلزم لذلك زراعة النباتات على مسافات واسعة عند إكثارها

٣ – مرحلة النمو الزهرى والثمرى

قد تختلف النباتات وراثيًا فى قدرتها على إنتاج الأزهار، وحبوب اللقاح. والبذور، ويلزم لذلك الزراعة بطريقة تضمن إنتاج أكبر قدر ممكن من البذور من كل نبات، ثم حصاد كمية متساوية من البذور من كل منها

٤ – مرحلة الحصاد، والدراس، والتجفيف، والتعبئة

قد تختلف النباتات وراثيًا فى موعد نضج بذورها وانتثارها، ويلزم لذلك حصاد الرؤوس كل على انفراد فى المرحلة المناسبة من اكتمال التكوين حتى لا تفقد البذور بالانتثار.

٥ التحزين

قد يؤثر تخزين البذور التى تختلف فى مدى اكتمال تكوينها قد يؤثر ذلك فى مدى احتفاظها بحيويتها أثناء التخزين (عن Holden وآخرين ١٩٩٣)

التأقلم الوراثى

يعرف التأقلم الوراثى Acclimatisation. أو genetic adaptation – فيما يتعلق باستخدامات الجيرمبلازم والاستفادة منه – بأنه التغير الوراثى الذى يطرأ على "تركيب" (المجمع الوراثى genetic pool) عشيرة الجيرمبلازم تحت تأثير العوامل البيئية السائدة فى المنطقه التى أدخل إليها وبداية فإن العوامل البيئيه لا تحدث فى الجيرمبلازم أى تغيرات وراثية. كما أن التغيرات المشار إليها ليست مستحدثة، وإنما هى كانت متواجدة أصلا فى العشيرة وفى مثل تلك الحالات التى يحدث لها تأقلم وراثى يكون سلوك عشيرة الجيرمبلازم سيئًا خلال السنوات الأولى من إدخاله، ولكنه يبدأ فى التحسن ويصبح أكثر إنتاجية بعد ذلك وحقيقة ما يحدث فى تلك الحالات أن العشيرة التى يحدث لها تأقلم وراثى تكون غير متجانسة وراثيًا heterogenous فى بداية الأمر (وقت جمعها من بيئتها الأصيله)، ومع تعرضها للظروف البيئية الجديدة فإن التراكيب الوراثية التى لا تجود فى تلك الظروف تكون أقل قدرة على البقاء والمنافسة مع التراكيب الوراثية المتأقلمة على تلك الظروف، مما يؤدى إلى اختفائها تدريجيًّا، فى الوقت الذى تزداد فيه فى تلك العشيرة نسبة التراكيب الوراثية المتوافقه على الظروف البيئة السائدة، ومن ثم تصبح عشيرة الجيرمبلازم اكثر تأقلمًا

وتتوقف كفاءة عملية التأقلم على العوامل التالية:

١ – مدى عدم تجانس العشيرة الأصلية وراثيًا

٢ – طريقه التلقيح السائدة فى المحصول، حيث تزداد كفاءة التأقلم بزيادة نسبة التلقيح الخلطى

٣ - فترة دورة حياه النوع النباتى، حيث ترتبط كل درجة من التأقلم باستكمال النبات لدورة من حياته

٤ – مقدار الشدّ البيئى الذى يمكن أن تتعرض له العشيرة الجديدة، والذى لا يمكن بدونه حدوث أى تأقلم (Chopra ٢٠٠٠)

ولمزيد من التفاصيل عن التغيرات الوراثية المصاحبة لتخزين الجيرمبلازم يراجع Roos (١٩٨٨)

مصادر إضافية

سبقت الإشارة إلى عديد من المصادر التى تتناول شتى جوانب عملية استكشاف الجيرمبلازم وجمعه، وتقييمه، وتوثيقه، وحفظه، وبالإضافة إلى ما تقدم فإن المراجع التالية تتناول الموضوع بشكل عام، وتغطى كافة جوانبه، ويفيد الرجوع إليها فى معرفة المزيد من المعلومات، وهى. Frankel & Bennett (١٩٧٠)، و Creech & Reitz (١٩٧١)، و Frankel & Hawkes (١٩٧٥)، و Hawkes (١٩٨٣)، و Prescott-Allen & Prescott-Allen (١٩٨٨)، و ASHS (١٩٨٨)، و Brown وآخرون (١٩٨٩)، و Holden وآخرون (١٩٩٣)، و Virchow (١٩٩٩)، و Cooper وآخرون (٢٠٠١)، و Engels وآخرون (٢٠٠٢).

الفصل الرابع عشر

أساسيات وطرق إجراء التلقيحات فى النباتات

لا يكاد يخلو أى برنامج لتربية النباتات من إجراء التلقيحات، سواء أكانت ذاتية، أم خلطية بين النباتات المنتخبة؛ لذا فإن الإلمام بطبيعة الإزهار فى المحصول، والعوامل التى تتحكم فيه، وطرق إجراء التلقيحات الذاتية والخلطية به تعد من الأمور المهمة بالنسبة للمربى، وهى التى نتناولها بالدراسة فى هذا الفصل وتجنبا للتكرار فإن على المربى أن يكون ملمًا بكافه الحقائق النباتية والوراثية التى تتعلق بالمحصول، خاصة تلك التى تتعلق بطرق تكاثر المحصول

دفع النباتات إلى الإزهار

تنبغى زراعة المحصول الذى يُراد تربيته فى الموعد المناسب لإزهاره، نظرًا لأن الإزهار يتأثر نوعيًا (أى يحدث أو لا يحدث)، وكميًا (أى بالنسبة لموعده وكثافته) بالعوامل البيئية، خاصة درجة الحرارة، والفترة الضوئية وتعد دراسة الإزهار والعوامل المتحكمة فيه من الأمور الفسيولوجية التى يمكن الرجوع إلى تفاصيلها فى المراجع التى تتناول هذا الموضوع، مثل Devlin (١٩٧٥)، و Leopold & Kriedmann (١٩٧٥)، و Vince-Prue (١٩٧٥)، و Salisbury (١٩٨٢)، وحسن (١٩٩٨)

ويلجأ المربى – أحيانًا – إلى طرق خاصة لدفع النباتات نحو الإزهار، لتحقيق أحد هدفين كما يلى:

١ – تقصير فترة برنامج التربية، بدفع النباتات نحو الإزهار فى وقت مبكر عما يحدث فى الظروف الطبيعية، ويتم ذلك بالتحكم فى درجات الحرارة، والفترة الضوئية، مع زراعة النباتات فى بيوت محمية.

كما أمكن – أحيانا – دفع النباتات المعمرة إلى الإزهار – فى مرحلة مبكرة من نموها

بالمعاملة ببعض منظمات النمو فمثلا أمكن تقصير فترة الحداثة فى التفاح البرى crabapple بمعاملة البراعم بالسيتوكينينات والجبريللينات، كما أمكن حث التفاح الثلاثى إلى الإزهار فى مرحلة مبكرة من نموه – وهو مازال فى مرحلة الحداثة – بالمعاملة بالـ TIBA (Hanan وآخرون ١٩٧٨)

٢ – الحصول على بذور من محاصيل تتكاثر خضريًا فى الطبيعة، ونادرًا ما تزهر فى الظروف الطبيعية، ومن أمثلتها البطاطا التى لا تزهر عادة، ولكن أمكن دفعها للإزهار بالطرق التالية

أ – تربية النباتات على أسلاك، مع تحليقها جزئيًا، لتقليل تدفق الغذاء المجهز إلى الجذور الدرنية، بغرض زيادة المواد الكربوهيدراتية فى النموات الخضرية

ب – أفادت المعاملة بحامض الجبريلليك فى دفع نباتات البطاطا (صنف Shore Gold) إلى الإزهار بوفرة

جـ - تطعيم الأصناف الصعبة الإزهار على الأصناف السهلة الإزهار، ويؤدى ذلك إلى التبكير فى الإزهار، مع زيادة نسبة النباتات المزهرة، وعدد الأزهار المنتخبة يوميًا

وقد أمكن دفع نباتات البطاطا إلى الإزهار بتطعيمها على أنواع مختلفة من الجنس *Ipomoea*، ويعد *fistulosa* spp *I. carnea* أفضلها، حيث يزيد كثيرًا من الإزهار وقوة النمو، ونسبة عقد الكبسولات، وعدد البذور بها فى مختلف أصناف البطاطا عند استخدامه كأصل لها

ولكل من التطعيم والمعاملة بمنظمات النمو (حامض الجبريلليك، والـ 2,4 D، والبنزيل أدنين BA) تأثيرات إضافية متجمعة على الإزهار، ولو أن أصناف البطاطا تختلف فى استجابتها من حيث الإزهار لمختلف منظمات النمو (Lardizabal & Thompson ١٩٩٠)

الأمور التى يتعين الإلمام بها قبل إجراء التلقيحات

يتطلب نجاح التلقيحات الصناعية فى تحقيق أهدافها الإلمام بالمبادئ العامة التالية

١ – اختيار الآباء

يجب أن يقوم الاختيار على أساس التقييم الكامل للجيرمبلازم المتاح، والمعلومات

المتوفرة عنه، وخبرات المربى، بحيث يتوافق الاختيار مع أهداف برنامج التربية ومن بين المعلومات التى يفيد الإلمام بها فى زيادة فرصة نجاح التلقيحات البعيدة حالة التضاعف، وأعداد الكروموسومات، وإمكانيات التهجين وبعد حسم موضوع اختيار الآباء فإن السلالات الأقوى نموًا هى التى تستعمل عادة - كأمهات فى الهجن، لكن الأمر يتوقف – فى التلقيحات البعيدة – على أى الاتجاهات تزيد من فرصة نجاح التهجين

٢ – مدى تركيز الصفات المرغوب فيها فى الآباء المستخدمة فى التلقيحات.

يتطلب الأمر – أحيانًا – إخضاع الآباء المستخدمة فى التلقيحات للتربيه الداخلية قبل إجراء التلقيحات، بغرض زيدة تركيز الصفات المرغوب فيها، وجعلها فى حالة أصيلة، ولا تكون هذه الخطوة ضرورية إذا وجدت الصفات المرغوب فيها بحالة أصيلة، بمعنى أن ليس ضروريًّا ولا مرغوبا فيه – فى المحاصيل الخليطة بطبيعتها – أن تكون الآباء المستخدمة فى التلقيحات أصيلة فى غير الصفات المرغوب فيها وقد يتطلب الأمر فى حالات أخرى تلقيح صنفين متوسطين فى درجة ظهور الصفة المرغوب فيها، بغرض الحصول على انعزالات فائقة الحدود، تحتوى على الصفات المرغوب فيها بدرجة أكثر تركيزا لاستعمالها كآباء فى التلقيحات

٣ - عدد التلقيحات التى ينبغى عملها للحصول على البذور المطلوبة، ويتوقف ذلك على عدد البذور التى تنتج من كل تلقيح، وعلى استخدامات هذه البذور، أهى لبرامج التربية، أم أنها للهجن التجارية

٤ – بيولوجى الإزهار فى المحصول

يتوقف نجاح التلقيحات على وصول حبة اللقاح إلى ميسم الزهرة عندما يكون مستعدًّا لاستقبالها، ولذا يتعين التعرف على موعد انتثار حبوب اللقاح، وتفتح الأزهار، ومدة تفتحها، وحيوية حبوب اللقاح، وإمكانيات تخزينها، وتوقيت استعداد المياسم لاستقبلها وإذا وجدت ظاهرة العقم الذكرى أو عدم التوافق، فإنه يتعين الإلمام بها كذلك هذا مع العلم بأن كل الأمور التى تتعلق ببيولوجى الأزهار قد تتأثر بالعوامل البيئية، مما يتطلب دراسة الأمر فى أماكن ومواقع مختلفة

٥ - تركيب الزهرة

يتوقف نجاح التلقيحات على إلمام المربى بمختلف أجـزاء الزهـرة، وخاصـة الأعضـاء الجنسية، من حيث الشكل الظاهرى، والعدد، والترتيب، بالإضافة إلى الكيفية التى يتم بها انتثار حبوب اللقاح والتلقيح والإخصاب فى الظروف الطبيعية

٦ - توافق موعد الإزهار فى الآباء

غنى عن البيان أن الصنفـين الملقحـين يجـب أن يزهـرا - معًـا - فـى وقـت واحـد ويمكن تأمين ذلك باختيـار الموعـد المناسـب للزراعـة إذا عـرف - سلفًا - موعـد ازهـار الآبـاء، أو بزراعة أحد الصنفين فـى ٣-٤ مواعيـد علـى فـترات كـل أسـبوعين، حتـى يتوافق الإزهار فى إحدى هذه الزراعات مع الإزهار فى الصنف الآخر

٧ - العوامل المؤثرة على عقد البذور، والتى من أهمها ما يلى

أ - العوامل البيئية، خاصة درجة الحرارة، والرطوبة الجوية، والرياح

ب - حالة النبات الفسيولوجية، وهى التى تتأثر بقوة النمو النبـاتى، وكثافـة العقـد السابقة، وكون الثمار التى سـبق تكوينـها طبيعيًـا - قبـل التلقيحـات - قـد حذفت أم تركت لتنمو

جـ - درجة إتقان عملية التلقيح اليدوى، ومدى إتلاف الزهرة عند تداولهـا، ومـدى خدش المبسم، ونوع الغطاء المستعمل فى حماية الزهرة من التلوث بحبـوب لقـاح غريبـة قبل إجراء التلقيحات وبعد إجرائه، وكمية حبوب اللقاح المستخدمة فى التلقيح

الأمور التى تجب مراعاتها عند إجراء التلقيحات

تجب مراعاة الأمور التالية عند إجراء التلقيحات

أولاً: حماية الأزهار من التلوث بحبوب اللقاح الغريبة

تجب مراعاة ما يلى

١ - تكييس أزهار النباتات المستخدمة كآباء قبل تفتحها بيوم، لمنع تلوثـها بحبـوب لقاح غريبة، ويعد هذا الإجراء ضرورة حتمية بالنسبة للمحاصيل الخلطية التلقيح

٢ - تكييس الأزهـار الأنثويـة للنباتـات المسـتخدمة كأمـهات (عندمـا تكـون وحيـدة الجنس)، قبل تفتحها بيوم، لمنع تلوثها - كذلك - بحبوب لقاح غريبة

٣ – خصى الأزهار الخنثى للنباتات المستخدمة كأمهات قبل تفتحها بيوم، ثم تكييسها لمنع تلوث مياسمها بحبوب لقاح من نفس الزهرة، أو من أزهار أخرى ولا تكون عملية الخصى ضرورية عندما تكون الأزهار عقيمة ذاتيًا بدرجة عاليه؛ بسبب وجود ظاهرة عدم التوافق الذاتى، أو العقم الذكرى، أو اختلاف موعد نضج أعضاء الزهرة الجنسية

٤ – تكييس الأزهار بعد إجراء التلقيحات، ويعد هذا الإجراء ضرورة حتمية بالنسبة للمحاصيل الخطية التلقيح، ولكنه ربما لا يكون ضروريًا فى حالة المحاصيل الذاتية التلقيح، خاصة عند ضعف النشاط الحشرى

٥ – تعقيم الأصابع والأدوات التى تلامس حبوب اللقاح قبل كل تلقيح، بغمسها فى الكحول

ويمكن الحماية من التلوث بحبوب اللقاح الغريبة بعدة طرق، منها ما يلى:

١ – زراعة النباتات فى معزل داخل حجرات زجاجية (عندما يكون التلقيح خلطيًا بالهواء)، أو حجرات سلكية (عندما يكون التلقيح خلطيًا بالحشرات)

٢ – بتغطية النورات، أو الأزهار بأكياس قماشية، أو ورقية.

٣ – غلق الأزهار المتوسطة والكبيرة الحجم بكلبسات خاصة

٤ – يمكن غلق الأزهار الصغيرة والمتوسطة الحجم بكبسولات جيلاتينية فارغة، أو بلف قطعة صغيرة من القطن حولها

يراعى عند استخدام كبسولات الجيلاتين اختيار كبسولة بحجم يناسب زهرة النبات الذى يراد تلقيحه يعمل بأحد جزأى الكبسولة قطع صغير على شكل حرف V وتدفع الزهرة داخل هذا الجزء، مع جعل عنقها فى الفتحة التى على شكل حرف V، ثم يغلق على الزهرة بالجزء الثانى من الكبسولة، بحيث يبرز عنق الزهرة من الفتحة، ويمكن لف قطعة قطن مبللة بالماء حول عنق الزهرة، لإحكام غلق الكبسولة، كما يمكن استبدال الماء المستخدم فى بل قطعة القطن بمحلول لأحد منظمات النمو المناسبة. التى يمكن أن تساعد على العقد، وتمنع تساقط الأزهار فى التلقيحات البعيدة (McArdle & Bouwkamp ١٩٨٠). ويمكن فتح الكبسولة – بسهولة – بعد التأكد من نجاح التلقيح

بإعادة بلّ قطعة القطن بالماء ويكتفى – أحيانًا – بتغطية الزهرة الملقحة بنصف كبسولة مع لف قطعة من القطن حول عنق الزهرة

٥ – وجد Ng (١٩٨٨) أن تغطية خطوط نباتات القاوون فى الحقل بأغطية البوليستر المحمولة على النباتات Spun-bonded Polyster Covers – مع ردم حواف الغطاء بالتربة كان بديلاً جيدا للأقفاص، أو الحجرات السلكية wire mesh cages، إذ أدى الغطاء إلى منع الحشرات من عمل تلقيحات غير مرغوب فيها. وظلت النباتات المغطاة دون عقد إلى حين الرغبة فى إجراء التلقيحات اليدوية بها، كما أمكن تلقيحها ذاتيًا بسهولة بإدخال النحل تحت الغطاء. ويتوقع نجاح هذه الطريقة مع بعض المحاصيل الأخرى مثل الخيار والكوسة

ثانياً: إجراء عملية الخصى

تتبع فى خصى الأزهار إحدى الطرق التالية

١ – إزاله المتوك أو الأسدية بأكملها بالملقط، أو ظفر الأبهام، أو مجرد قطع النورة المذكرة كما فى الذرة

٢ – عندما يكون المحصول وحيد الجنس، فإن المطلوب لا يزيد عن تكييس الزهرة المؤنثة غير المتفتحة، وهو أمر يجرى – عادة قبل موعد تفتح الزهرة الطبيعى بيوم وحد على الأقل

٣ – أما عندما تكون الأزهار خنثى فإنه يتعين التخلص من أعضاء التذكير، مع حماية أعضاء التأنيث من وصول حبوب اللقاح الغريبة إليها، عن طريق تكييسها، أو بوضع قطعة صغيرة من ماصّة الشراب فوقها، لكن ذلك قد لا يلزم فى بعض الحالات، مثلما يكون عليه الحال فى الزراعات المحمية

مشاكل البراعم الصغيرة

تزداد صعوبة خصى الأزهار، وتقل فرصة نجاح تلقيحها صناعيًا كلما كانت أقل اكتمالا فى التكوين وبالمقارنة فإن الأزهار الكبيرة السن نسبيًا ربما تكون قد تلقت بالفعل لقاحا من مصدر غير مرغوب فيه ولذا . يتعين اختيار الأزهار للخصى فى

المرحلة المناسبة من التكوين ويفيد فحص الأزهار بالعدسات المكبرة فى التعرف على أى مظهر من مظاهر انتثار اللقاح أو وصولها للمياسم، كما يفيد ذلك فى الربط بين مرحلة تكوين الزهرة ومظهرها الخارجى.

هذا .. وتؤخر الرطوبة العالية انتثار حبوب اللقاح؛ مما قد يسمح بتأخير عملية الخصى إلى حين وصول الطلع إلى حجم مناسب لإجراء العملية بسهولة أكبر.

وسائل خاصة لخصى الأزهار

من بين الوسائل الخاصة التى اتبعت فى خصى أزهار بعض المحاصيل، ما يلى:

١ – المعاملة بالكحول:

يجرى الخصى فى بعض المحاصيل – مثل البرسيم الحجازى – بغمس النورة كلها فى ترموس يحتوى على كحول إثيلى بتركيز ٥٧٪، وذلك لمدة ١٠ ثوان فقط، ثم غسلها فى الماء لعدة ثوان أخرى.

٢ – المعاملة بالحرارة:

يمكن قتل حبوب اللقاح فى الذرة الرفيعة، والأرز، وبعض النجيليات الأخرى، بغمس أزهارها مدة تتراوح من دقيقة إلى عشر دقائق فى ماء تتراوح حرارته بين ٤٣، و ٤٨°م. تتحدد درجة الحرارة المناسبة لعملية الخصى بالتجربة والخطأ بالنسبة لكل محصول على حدة؛ وهى – على سبيل المثال – ٤٣°م لمدة خمس دقائق فى الأرز، و ٤٧–٤٨°م لمدة عشر دقائق فى السورجم. تُجرى المعاملة قبل تفتح المتوك والأزهار، وتتم – عادة – بالاستعانة بترموس يحتفظ فيه بالماء على درجة الحرارة المرغوب فيها؛ حيث تغمر فيها النورة كلها. هذا .. ولا تؤثر هذه المعاملة على أعضاء التأنيث فى الأزهار

٣ – المعاملة بالبرودة:

نجد فى الأرز أن تعريض الأزهار لحرارة صفر–٦°م يقتل حبوب اللقاح دون الإضرار بأعضاء التأنيث. وفى القمح تُقتل حبوب اللقاح بتعريض النباتات لحرارة صفر–٢°م لمدة ١٥–٢٤ ساعة. وتعد المعاملة بالبرودة أقل كفاءة من المعاملة بالحرارة؛ حيث تحدث معها نسبة أكبر من التلقيح الذاتى. وكما فى حالة المعاملة بالحرارة .. فإن المعاملة

بالبرودة يمكن أن تجرى بغمس النورات فى ترموس ذى فوهة واسعة يحتوى على ماء على درجة الحرارة المطلوبة (عن Singh ١٩٩٣)

٤ – الخصى بالشفط

عند خصى الأزهار بطريقة الشفط يتعين أولاً إزالة بتلات الأزهار التى يُراد خصيها، لأجل إظهار الطلع والمتاع، ثم يستعمل جهاز تفريغ مناسب يثبت فى المكان الذى يسحب منه الهواء أنبوبة صغيرة مطاطية رفيعة توجه نهايتها نحو متوك الزهرة ومبيسمها لتشفط كل ما قد يتواجد فيها أو عليها من حبوب لقاح تجرى هذه العملية فى صباح تفتح الأزهار وجدير بالذكر أن نسبة التلقيح الذاتى التى يحتمل حدوثها عند اتباع هذه الطريقة فى الخصى تصل إلى ١٥٪، ويمكن خفض تلك النسبة قليلاً بغسل الأزهار بتيار قوى من الماء، إلاّ أنه تتبقى دائما نسبة من التلقيح الذاتى هذا ويجب أن تكون قوة الشفط مناسبة بحيث لا تترك أى حبوب لقاح بالأزهار، وألاّ يكون الشفط شديدا إلى الدرجة التى تؤدى إلى شفط متاع الزهرة كذلك

٥ – استعمال مبيدات الجاميطات

قد يجرى الخصى باستعمال مبيدات الجاميطات الكيميائية chemical gametocides (عن Agrawal ١٩٩٨)

ثالثاً: موعد عملية التلقيح وطبيعة الإزهار

قد يجرى التلقيح فى نفس وقت إجراء عملية الخصى كما فى الطماطم، أو فى صباح اليوم التالى كما فى القرعيات. أو بعد ١–٥ أيام من عملية الخصى كما فى محاصيل الحبوب

يتطلب نجاح التلقيحات معرفة موعد تفتح الأزهار، وموعد نثر حبوب اللقاح، وموعد استعداد المياسم للتلقيح

رابعاً: طرق تجميع حبوب اللقاح ومعاملة المياسم بها

يكفى فى حالات العقم الذكرى ضم نورات الآباء الخصبة الذكر، ونورات

الأمهات العقيمة الذكر – معًا – فى كيس قماشى cage واحد، مع إدخال بعض الذباب الخالى من حبوب اللقاح الغريبة داخل الكيس لإتمام عملية التلقيح كما فى الخس. ويمكن فى محاصيل أخرى هزّ الأزهار، أو النورات المكيّسة – معًا – على فترات، لإتمام عملة التلقيح وقد تجمع حبوب اللقاح من الآباء داخل أكياس ورقية كما فى الذرة، أو تجمع يدويًا. أو بواسطة آلة يدوية صغيرة، تعمل بالبطارية وتولد ذبذبات تساعد على انتثار حبوب اللقاح من المتوك كما فى الطماطم.

تضاف حبوب اللقاح إلى المياسم، إما بواسطة فرشاة من شعر الجمل، وإما بإمرار الميسم برفق على ظفر الإبهام بعد تجميع حبوب اللقاح عليه، وإما بقطف زهرة الأب، وجعل متكها يمس ميسم زهرة الأم كما فى القرعيات.

خامساً: حيوية حبوب اللقاح

تفقد حبوب اللقاح حيويتها فى خلال دقائق معدودة من انتثارها من المتوك فى بعض المحاصيل كما فى كثير من الحبوب ويلزم – فى هذه الحالة – جمع حبوب اللقاح من زهرة حديثة التفتح فى نفس الموقع الذى تجرى فيه عملية التلقيح. هذا . بينما يمكن تجميع وحفظ حبوب لقاح بعض أنواع الفاكهة لعدة أشهر، أو سنوات، دون أن تفقد حيويتها. كما يمكن – فى كثير من الأشجار الخشبية – حفظ أفرع صغيرة منها تحتوى على براعم زهرية فى حرارة منخفضة إلى حين الوقت المناسب للتلقيح.

سادساً: تسجيل بيانات التلقيح

تسجل البيانات الخاصة بكل تلقيح على لافتة ورقية label، تثبت على عنق الزهرة الملقحة ويوضح على اللافتة أسماء الأصناف أو السلالات المستخدمة فى التلقيح، مع كتابة الأم أولاً، وقد يتطلب الأمر – فى بعض الحالات – توضيح أرقام النباتات المستخدمة فى التلقيح من كل من صنفى الآباء، كما يفيد تسجيل تاريخ إجراء التلقيح، والأحرف الأولى لاسم القائم بالعمل

ولمزيد من التفاصيل الخاصة بأساسيات إجراء التلقيحات الصناعية يراجع Agrawal (١٩٩٨)

طرق إجراء التلقيحات

تختلف تفاصيل طريقة إجراء التلقيحات من محصول إلى آخر، وسوف نتناول بالدراسة فى هذا الجزء بعض المحاصيل كأمثلة. أما تفاصيل طرق التلقيحات فى شتى النباتات فيمكن الإطلاع عليها فى المراجع التالية

المرجع	المحاصيل التى يتناول المرجع طرق إجراء التلقيحات فيها
USDA (١٩٣٧)	أنواع محصولية كثيرة ومتنوعة
Hayes وآخرون (١٩٥٥)	محاصيل الحقل
عبدالعال (١٩٦٤)	محاصيل الخضر
Darrow (١٩٦٦)	الفراولة
Watts (١٩٨٠)	الزهور
Fehr & Hadley (١٩٨٠)	أنواع محصولية كثيرة ومتنوعة
Janic & Morre (١٩٧٥)	محاصيل الفاكهة
Layne (١٩٨٣)	محاصيل الفاكهة
إلياس ومحمد (١٩٨٥)	محاصيل الحقل والخضر
Bassett (١٩٨٦)	محاصيل الخضر
Kalloo (١٩٨٨)	محاصيل الخضر
Poehlamn & Sleper (١٩٩٥)	محاصيل الحقل
Agrawal (١٩٩٨)	محاصيل الحقل وبعض محاصيل الخضر

ونبين - فيما يلى - الطرق الشائعة لإجراء التلقيحات فى عدد من محاصيل الحقل والخضر، والفاكهة، ونباتات الزينة.

طرق إجراء التلقيحات فى بعض محاصيل الحقل

الشعير

إن نورة الشعير سنبلة مركبة تحمل السنيبلات فى مجاميع متبادلة تتكون كل مجموعه منها من ثلاث سنيبلات تقع عند كل عقدة من محور السنبلة وتتكون السنيبلة من زهرة واحدة يحيط بها زوج من القنابع glumes أما الزهرة فتتكون من العصيفة

lemma والأتب palea اللذين يحيطان بأعضاء الزهرة الجنسية ويلتحمان معًا عند نضج الحبة ليكونا ما يعرف باسم الجراب، وطلع يتكون من ثلاث أسدية، ومتاع يتكون من مبيض، وقلم ينتهى بميسم ريشى متفرع، وفليستان lodicules وهما حرشفتان صغيرتان تقعان عند قاعدة الزهرة وتعملان على فتح أجزاء الزهرة عند تمام تكوينها. وذلك بامتصاصهما لكمية من الماء؛ مما يدفع بالعصيفة والأتب نحو الخارج وبينما تكون السنيبلات الثلاث خصبة فى الشعيرالسداسى *Hordeum vulgare*، فإن السنيبلة الوسطى فقط هى التى تكون خصبة فى الشعير الثنائى *H. disticum*.

يبدأ الإزهار فى السنبلة التى تحمل على الساق الرئيسى للنبات، يليها تلك التى تحمل على الخلفات حسب ترتيب ظهورها، وفى كل منها يبدأ التزهير فى السنيبلات الوسطى، ثم تلك التي تحمل أعلاها وأسفل منها ويستمر التزهير فى السنبلة الواحدة حوالى ٢–٥ أيام

التلقيح الذاتى هو السائد، حيث لا تتجاوز نسبة التلقيح الخلطى ٥ ١٪.

تخصى أزهار الآباء قبل تفتح المتوك، ويستدل على صلاحيتها للخصى بخروج من ٢ -٣ من السفا من قمة الغمد تزال السنيبلات المحمولة على الثلث العلوى لمحور السنبلة بالمقص، وتلك المحمولة على الثلث السفلى بالملقط، ويحتفظ فقط بنحو ١٠–١٤ سنيبلة وسطية تخصى الزهرة الوحيدة الموجودة بكل سنيبلة فى الشعير (وزهرتان فقط من تلك التى توجد بكل من سنيبلات القمح) وبزال بقية الأزهار يجرى الخصى بعمل شق فى جانب العصيفة بسن الملقط، ثم سحب المتوك إلى الخارج تكيس الزهرة بعد ذلك بكيس من الجلاسين مقاس ٧ × ١٥ سم، ويكون إجراء عملية الخصى فى أى وقت من النهار

يجرى التلقيح بعد ٢–٣ أيام من الخصى، ويستدل على صلاحية الأزهار للتلقيح من انفتاح الميسم الريشى. تجمع حبوب اللقاح من سنابل سبق تكييسها قبل تفتح أزهارها. تؤخذ المتوك الصفراء الناضجة التى لم تنتشر حبوب لقاحها بعد، فيما بين العاشرة صباحًا والثانية عشرة ظهرًا، وتوضع فى وعاء زجاجى صغير ذى غطاء، مع تعريض الوعاء للشمس، حتى تنتشر حبوب اللقاح من المتوك. يؤخذ متك واحد، ويغمس فى

حبوب اللقاح بواسطة ملقط، ثم يوضع على ميسم الزهرة المخصية وبعد الانتهاء من تلقيح جميع أزهار السنبلة بهذه الطريقة .. يعاد تكييسها

وقد وجد أن تبريد السنابل إلى درجة -٣°م إلى ٢°م لمدة ١٥-٢٤ ساعة يؤدى إلى قتل نسبه كبيرة من حبوب اللقاح وتعد تلك طريقة سهلة للخصى. وهى تفيد عند الرغبة فى الحصول على كمية كبيرة من البذور المهجنة، ويشترط لنجاحها احتواء سلالة الأب على صفة سائدة واضحه، لا توجد فى الأم، ليمكن تمييز الهجن عن النباتات التى تنتج من التلقيح الذاتى.

القمح

إن نورة القمح سنبلة مركبة تحمل سنيبلات فى صفين متقابلين على محورها تتكون كل سنيبلة من زهرة واحدة إلى سبع أزهار بالتبادل، الطرفية منها عقيمة، وتحاط السنيبلة بقنبعتين، وتكون كل سنيبلة حبة إلى ثلاث حبات تتكون زهرة القمح من عصيفة، وأتب. وفليستان، وطلع يتكون من ثلاث أسدية، ومتاع يتكون من مبيض واحد، وقلم بنتهى بميسم متفرع إلى فرعين

يبدأ الإزهار - بعد اكتمال خروج السنبلة من غمدها بنحو ٥-٦ أيام، وتكون أولى السنابل فى التزهير هى سنبله الساق الرئيسية للنبات، ثم سنابل الخلفات بترتيب ظهورها وفى كل سنبلة تكون أولى السنيبلات فى التزهير هى التى تُحمل فى أعلى الثلث الأوسط، ثم التى توجد أعلاها وأسفل منها وفى كل سنبلة تكون أول الأزهار تفتحا هى القاعدية، ثم التى توجد أعلى منها على التوالى ويستمر التزهير فى السنبلة الواحدة مدة ٣-٥ أيام

التلقيح الذاتى هو السائد، حيث تتراوح نسبة التلقيح الخلطى – غالبًا – بين ٣٪، و ٥٪

تجرى عملية الخصى بعد خروج السنبلة من الغمد لكن قبل انفتاح أى متك فيها، وتكون خطوات الخصى والتلقيح كما أسلفنا بالنسبة للشعير، مع تلقيح زهرتان أو ثلاث أزهار فقط – كحد أقصى - بكل سنيبلة

القطن

تحدث فى القطن نسبة من التلقيح الخلطى الطبيعى، تصل إلى نحو ١٥٪، ولتأكيد حدوث التلقيح الذاتى .. تمنع الأزهار من التفتح بسكب عدة نقاط من محلول خلات السيليلوز فى الأسيتون على قمة تويج البرعم الزهرى قبل تفتحه بيوم، علمًا بأن الأوراق التويجية تكون ملتفة على بعضها - حينئذ - بارتفاع ٣-٤ سم. يتبخر الأسيتون بسرعة، ويترك وراءه مادة صمغية تلصق الأوراق التويجية معًا، وتمنع تفتحها. تسقط الأوراق التويجية مع الأنبوبة السدائية بعد المعاملة بنحو ٢-٣ أيام، وهى الفترة التى يحدث خلالها التلقيح الذاتى الطبيعى

ولإجراء الخصى تختار البراعم الزهرية التى يمكن أن تتفتح فى اليوم التالى، ويعمل شق فى الكأس والتويج بسن الملقط، مع مراعاة عدم ملامسة المبيض، ثم تزال الأوراق التويجية مع الأنبوبة السدائية تغطى الزهرة - بعد ذلك - بكيس ورقى بحجم مناسب، أو ينكس على قلم الزهرة قطعة صغيرة من ماصة شراب أغلقت إحدى نهايتيها

يجرى التلقيح - فى صباح اليوم التالى - فيما بين الساعة ٩-١٢ ظهرًا. تمرر أنبوبه سدائية، مغطاة بحبوب اللقاح على ميسم الزهرة، ثم ينكس على القلم قطعة صغيرة من ماصة شراب، وبضغط عليها إلى أن تصل نهايتها السفلى إلى المبيض، ثم تغلق نهايتها العلوية ويفضل التبكير بإجراء التلقيح فى بداية موسم الإزهار كلما كان ذلك ممكنًا

الكتان

تتراوح نسبة التلقيح الخلطى الطبيعى فى الكتان من ١٪ إلى ١٦٪ تجرى عمليه الخصى بعد الظهر على البراعم الزهرية التى يتوقع تفتحها فى اليوم التالى، وهى التى يبدو فيها التويج على شكل مخروط. ينزع التويج بالملقط وتزال المتوك. ثم يغطى البرعم بكيس من الجلاسين

يجرى التلقيح فى صباح اليوم التالى بإمرار متك زهرة الأب على مياسم أزهار الأمهات التى سبق خصيها، أو بإضافة حبوب اللقاح بفرشاة صغيرة بعد جمعها من نباتات الآباء، ويعاد بعد ذلك تكييس الأزهار الملقحة.

الذرة

تنضج الأعضاء الذكرية (النـورة الذكريـة) فـي الـذرة قبـل الأعضـاء الأنثويـة (النـورة المؤنثة)، وتستمر النورة الذكرية للنبات الواحد فى إنتاج حبوب اللقاح لمدة ٤-١٤ يوما، وتحافظ حبوب اللقاح على حيويتها لمدة ٢٤ ساعة بعد إنتاجها ولإجراء التلقيح الذاتـى تغطى النورة الأنثوية بكيس ورقى قبل ظهور الحريرة من قمة الكـوز بيـوم أو يومـين، وتغطى النورة الذكرية بكيس آخر فى اليوم نفسه. وعنـد ظـهور الحريـرة تقطـع قمـة الغلاف المحيط بالنورة الأنثوية بمقص حاد، ثم تعاد تغطيتها تظهر خيوط الحريرة فـى اليوم التالى، وحينئذ تجمع حبوب اللقاح فى نفس الكيس المغلف للنورة المذكـرة، ثـم تقطع قمة الكيس الورقى للنورة المؤنثـة وتنـثر عليـها حبـوب اللقـاح، ثـم تغطـى بنفـس الكيس الذى توجد به حبوب اللقاح.

ولا يختلف التهجين عن التلقيح الذاتى سوى فى نقل حبـوب اللقـاح مـن صنـف إلى آخر ويفضل قرط من ١ ٢ سم من أغلفـة النـورة المؤنثـة عنـد ظـهور الحريـرة، وإعـادة تغطيتها، ثم إجراء التلقيح فى اليوم التالى، حيث تكون جميع المياسـم حديثـة ومتماثلـة فى الطول

يفضل إجراء عملية التلقيح بعد الظهر، لأن انتشار حبوب اللقاح يستمر حتى السـاعة الواحدة بعد الظهر تجمع حبوب اللقاح بثنى النورة المكيسـة، ثـم الطـرق عليـها وعلـى الكيس باليد عدة طرقات، ثم تنقل حبوب اللقاح بـالكيس، وتنـثر علـى النـورة المؤنثـة، وتغطى بنفس الكيس الذى جُمعت فيه حبوب اللقاح

الأرز

تتراوح نسـبة التلقيح الخلطى الطبيعى فـى الأرز بـين ٠.٥٪ و ٤٠٪ تجـرى عمليـة الخصى على ١٠ ٢٠ سنيبلة فقط من كل نورة، وتزال بقيـة السـنيبلات (تحتـوى نـورة الأرز الدالية على ٥٠-٥٠٠ سنيبلة، تحتوى كل منها على زهرة واحدة) تقطع قمة كل زهرة بالمقص، لكى تظهر المتوك التى تزال بالملقط مع مراعاة التأكد من أن المتـوك المزالـة مازالت خضراء اللون، لاحتمال حدوث التلقيح الذاتى فى الأزهار التى تحولـت متوكـها

إلى اللون الأصفر، يفضل إجراء عملية الخصى فى الصباح الباكر، وتكيس النورات المخصية بعد ذلك.

ويمكن إجراء عملية الخصى بالماء الساخن، وتختار لذلك النورات التى ظهر ثلثاها على الأقل من الغمد، تغمس هذه النورات فى ترموس سعة لتر، ذى فوهة واسعة، يمتلئ بالماء على ٤٠-٤٤°م، وتترك النورات على هذا الوضع لمدة ١٠ دقائق. ويمكن الاستعانة بحامل ثلاثى الأرجل لوضع الترموس عليه. يلاحظ – عند رفع النورة من الماء الساخن انفتاح بعض الأزهار، وهى التى تكون مستعدة للتلقيح، وبقاء البعض الآخر مغلقًا. تزال جميع الأزهار، التى تبقى مغلقة، بينما تلقح الأزهار المتفتحة بنقل لقاح الآباء إلى مياسمها، وتجرى عملية التلقيح بجمع اللقاح فيما بين العاشرة صباحا والثانية بعد الظهر، من الأزهار التى يتوقع تفتحها فى نفس اليوم – وهى التى تعرف بظهور المتوك من قم أغلفتها الزهرية – وتوضع حبوب اللقاح فى وعاء زجاجى صغيرة لحين استعمالها. ويتم التلقيح بإدخال متك ناضج فى كل سنيبلة سبق خصيها، ثم يعاد تغطية النورة (إلياس ومحمد ١٩٨٥، والخشن وآخرون ١٩٨٨).

الفول

تحمل أزهار الفول فى نورات توجد فى آباط الأوراق، وتتكون كل منها من ٢-٦ أزهار الزهرة خنثى فراشية تتكون من الكأس (خمس سبلات)، والتويج (خمس بتلات)، والطلع (١٠ أسدية تسع منها ملتحمة وواحدة سائبة)، والمتاع (مبيض وقلم عليه زغب والميسم). تتفتح أزهار النورات السفلى أولاً، وكذلك الأزهار السفلى فى كل نورة، ويستمر تفتح الزهرة لمدة ثلاثة أيام ولكنها تغلق يوميًا فى المساء، ثم تتفتح فى صباح اليوم التالى .. وهكذا إلى أن تنتهى مدة الأيام الثلاثة.

التلقيح الذاتى هو السائد، حيث تتراوح نسبة التلقيح الخلطى بين ٢٪، و ٣٪.

يجرى الخصى باختيار البراعم التى لا يزيد طولها عن سنتيمتر واحد، وتزال البراعم والأزهار الأخرى التى تحمل على النورة ذاتها. تزال أوراق الكأس بالملقط، وتزال بتلة واحدة، فالجناحين، فالزورق، ثم الأسدية كلها ولا يترك سوى المتاع، ثم تكيس لمنع زيادة الحشرات الملقحة لها.

ويجرى التلقيح عند ظهور شعيرات دقيقة على مياسم الأزهار المخصية، ويكون ذلك -- عادة بعد يوم واحد الى يومين من إجراء عملية الخصى. ويتم التلقيح بنقل المتوك من ازهار كتمل تفتحها، ووضعها على ميسم الزهرة المخصية، وذلك باستعمال الملقط. ثم تكييس الزهرة مرة أخرى (إلياس ومحمد ١٩٨٥)

طرق إجراء التلقيحات فى بعض محاصيل الخضر

الباميه

تلتحم أسدية الزهرة لتكون أنبوبه سدائية تحيط بالمتاع، وتحمل المتوك على امتداد طولها يجرى الخصى بعد ظهر اليوم السابق لتفتح الأزهار بشق الأنبوبة السدائية بسن الملقط، ثم إزالتها تماما من حول المبيض والقلم، مع الاحتراس، حتى لا يخدش المبيض، أو القلم، وتكيّس الأزهار المخصية، وتكيّس معها فى الوقت نفسه البراعم الزهرية لنباتات الآباء ويجرى التلقيح فى صباح اليوم التالى بنقل حبوب اللقاح من زهره الأب، ووضعها على ميسم زهرة الأم، ثم تكييس الأزهار الملقحة

الطماطم

لا تكيس أزهار نباتات الآباء إلا فى حالات نادرة عند توفر الحشرات التى تزور أزهار الطماطم ولإجراء عملية الخصى تختار البراعم الزهرية التى يتوقع تفتحها فى اليوم التالى، وهى التى تكون بتلاتها ملتفة تمامًا حول بعضها. وبطول حوالى سنتيمتر واحد تزال سبلة واحدة من قاعدتها بالملقط، ثم يدفع سن الملقط برفق خلال التويج والأنبوبة المتكية التى تحيط بالمبيض والقلم، ثم يزال التويج والطلع كاملين بالملقط فى عملية واحدة، مع الاحتراس. حتى لا يخدش المبيض يجرى التلقيح بعد الخصى مباشرة، بجمع حبوب اللقاح من أزهار نباتات الآباء، ونقلها إلى مياسم الأزهار المخصية وتجمع حبوب اللقاح بإمرار سن الملقط بين اثنين من المتوك الملتحمة، ثم فتح الأنبوبة المتكية وتنكيسها – وهى مفتوحة على ظفر الإبهام، ثم الطرق عليها برفق لنثر حبوب اللقاح عليه وتنقل حبوب اللقاح إلى الميسم بإمراره -- برفق - على ظفر الإبهام الذى تجمع عليه حبوب اللقاح

القرعيات (الخيار، والكوسة، والبطيخ والشمام، والقاوون)

تكيّس، أو تغلق البراعم الزهرية المذكرة لنباتات الآباء بكلبسات بعد ظهر اليوم السابق لتفتح الأزهار وبينما لا تحتاج النباتات الوحيدة الجنس الوحيدة المسكن إلى عملية لخصى (حيث يكتفى فيها كذلك بغلق البراعم الزهرية المؤنثة بعد ظهر اليوم السابق لتفتح الأزهار) .. فإن الأزهار الخنثى للنباتات الـ andromonecious (أى التى تحمل أزهارا مذكرة، وأزهارا خنثى على نفس النبات) يلزم خصيها وتجرى عملية الخصى بعد ظهر اليوم السابق لتفتح الأزهار بإزالة أوراق التويج، والمتوك بالملقط، ثم تكيّس الأزهار المخصية وفى صباح اليوم التالى يجرى التلقيح بنقل متك زهره الأب. وإمراره برفق على ميسم زهرة الأم. ثم غلق الزهرة الملقحة

البصل

تنفتح أزهار النورة الواحدة على مدى أسبوعين، وتجمع حبوب اللقاح اللازمة للتلقيحات بتكييس النورة فى اليوم الذى تتفتح فيه أولى الأزهار بها، ويطرق على النورة والكيس – يوميًا – بعد الظهر. للمساعدة على انتثار حبوب اللقاح داخل الكيس

تجرى التلقيحات فى البصل بزراعة نباتات الأمهات ونباتات الآباء فى خطين متجاورين، وتكيّس نورات الآباء عند تفتح أول زهرة بها، أما نورات الأمهات . فتزال منها الأزهار التى تتفتح بها يوميًّا (تحمل النورة الواحدة من ٥٠ -٢٠٠٠ زهرة)، أو مرتين يوميًا فى الجو الحار. وتستمر الحال على هذا النحو إلى أن يصبح النبات فى أوج إزهاره، حيث يخصى أكبر عدد من البراعم الزهرية كبيرة السن، وتزال بقيه الأزهار المتفتحة والبراعم الزهرية التى لم تخص. توضع النورة ذات الأزهار المخصية بعد ذلك – داخل قفص من الشاش، كما تقطع النورة المذكرة، وتوضع داخل القفص نفسه فى زجاجة بها ماء، مع وضع ذباب منزلى نظيف معهما لإتمام عمليه التلقيح

طرق إجراء التلقيحات فى بعض محاصيل الفاكهة

التفاح والكمثرى

إن أزهار التفاح والكمثرى كاملة، بتكون فيها الكأس من خمس سبلات مفصصة.

والتويج من خمس بتلات كبيره منفصلة، والمتاع من خمس كرابل، أما الطلع فهو عديد الأسديه وتعطى كل برعم مختلط فى نهاية الدوابر خمس أزهار أو أكثر والثمر تفاحيه كاذبه يتضخم فيها الحامل الزهرى ليغطى الكرابل ويكون جزءا كبير من الثمره (Edmond واخرون ١٩٧٥)

يتعين عند إجراء التهجينات التخلص من الأسدية قبل تفتح المتوك، وأنسب وقت لذلك هو عندما تكون الزهره فى مرحله البالون baloon stage، وهو طور برعمى يكون فيه البرعم على شكل بالون يستعمل ظفر الإبهام أو مشرط صغير فى عمل قطع صغير عند قاعدة السبلات، ثم تثنى الأجزاء الزهرية جانبا، وبذا يمكن التخلص من جميع أجزاء الزهرة فيما عدا المتاع، الذى يحتوى على المبيض، وعدد من الأقلام، و لميسم ويمكن كذلك إجراء الخصى بإزاله أوراق التويج أولا (فى طور البالون كذلك)، ثم تزال الأسديه، وتلك طريقه أبطأ من الأولى، ولكنها تقلل الجروح، وتزيد من نجاح التلقيح

يجرى التلقيح فى الأزهار المخصيه قبل الموعد الطبيعى لتفتحها بيوم أو يومين، ويمكن أن يتم ذلك بعد الخصى مباشرة، أو بعد الخصى بيوم أو أكثر فى حالات التبكير بالخصى، لكن يجب ألاّ يؤخر التلقيح إلى حين تحول المياسم إلى اللون البنى يفضل ألاّ يزيد عدد الأزهار الملقحة فى كل عنقود عن اثنتين حتى تزيد نسبة نجاح التلقيح، أما باقى الأزهار فيجب التخلص منها ويتعين حماية الأزهار المخصية من زيارة الحشرات لها بتكييسها لحين تلقيحها

للحصول على حبوب اللقاح اللازمه للتلقيح تقطف البراعم الزهرية فى مرحله البالون، وتترك فى مكان جاف ودافئ نسبيًا، حيث تتفتح المتوك وتنتثر منها حبوب اللقاح فى خلال ٢٤ -٤٨ ساعة وأحيانا تقطع الفروع التى تحتوى على أزهار الآباء وتترك فى صوبه أو غرفة دافئه نسبيًا، مع غمر قاعدة الفرع فى وعاء به ماء يسمح ذلك لإجراء بسمح الأزهار فى ظروف لا تتوفر فيها أى فرصه للتلوث بحبوب لقاح غريبه تجمع حبوب اللقاح بعد ذلك من الأزهار المتفتحة

يجرى التلقيح عادة باستعمال فرشاة من شعر الجمل وتتعين حماية الأزهار الملقحة من حبوب اللقاح الغريبة بتكييسها، مع إزالة الأكياس بعد تغير لون الياسم إلى البنى

هذا .. ويمكن حصاد الثمار بعد اكتمال تكوينها وقبل اكتمال نضجها؛ وذلك لتجنب فقدها إذا ما سقطت؛ علمًا بأن إنبات البذور لا يتأثر بهذا الحصاد المبكر للثمار (عن Magness ١٩٣٧).

العنب

تنمو أزهار العنب فى عناقيد تعرف باسم الداليات panicles، وهى تنشأ على العقد القاعدية للأفرخ الزهرية فى الجزء المقابل لورقة أو محلاق. الأزهار سفلية بها خمس بتلات ملتحمة ذات لون أبيض ضارب إلى الخضرة، وخمس أسدية منحنية reflexed أو قائمة upright، وكربلة واحدة أثرية أو خصبة. هذا .. وتكوّن الأصناف ذات الأسدية القائمة حبوب لقاح خصبة، بينما تكوّن الأصناف ذات الأسدية المنحنية حبوب لقاح غير طبيعية وعقيمة ولا تفيد فى إنتاج الثمار.

عند تفتح الزهرة تنفصل أوراق التويج من قاعدتها وتسقط وهى ملتحمة من أعلى على شكل قلنسوة cap. وقد تتفتح المتوك قبل أو بعد سقوط القلنسوة.

والتلقيح ذاتى فى معظم أنواع العنب.

ولإجراء التلقيحات تتعين حماية العناقيد الزهرية فى نباتات الآباء بتكييسها قبل تفتح البراعم وعندما تتفتح الأزهار فإن حبوب اللقاح تنتثر داخل الكيس حيث يمكن نقلها مباشرة إلى النباتات التى يُراد تلقيحها وتجهز نباتات الأمهات بإزالة متوك أزهارها قبل تفتحها وانتثار حبوب اللقاح منها، ثم تكيس بعد خصيها لحمايتها من حبوب اللقاح الغريبة. ويجرى التلقيح بعد الخصى بيوم واحد أو يومين (عن Snyder ١٩٣٧).

ويمكن توفيرًا للوقت التغلب على سكون البذور (التى يلزم – عادة – تعريضها للبرودة لمدة ٦–٩ شهور لكى تنبت) بمعاملتها بسياناميد الأيدروجين بتركيز ٠,٥–٢٪ لمدة خمس دقائق (Spiegel-Roy وآخرون ١٩٨٧).

الفاكهة ذات النواة الحجرية (الخوخ، والمشمش، والبرقوق)

تشترك الفاكهة ذات النواة الحجرية فى صفات زهرية عامة، وهى أن أزهارها جميعًا

خنثى، ومنتظمة، والكأس أنبوبية تتكون من خمس سبلات منفصلة ناقوسية الشكل، ويتكون التويج من خمس بتلات، وأسدية الطلع عديدة تتصل بحافة الكأس. أما المتاع فيتكون من كربلة واحدة تتصل بقاع الكأس

وتحمل أزهار الخوخ والمشمش فردية أو زوجية. وتكون بتلاتها بيضاء، أو قرنفلية. أو حمراء حسب الصنف، ويكون عنق الزهرة شديد القصر وبالمقارنة فإن أزهار البرقوق والكريز تُحمل في مجموعات، وتكون بتلاتها بيضاء، وأعناق أزهارها طويله

وبصفة عامة فإن جميع أصناف الخوخ والمشمش – تقريبًا – تكون متوافقة ذاتيًا وخلطيًا أما في البرقوق، فإن معظم الأصناف اليابانية وبعض الأصناف الأوروبية تكون عديمة التوافق ذاتيًا، وبعضها غير متوافق خلطيًا ومعظم أصناف الكريز الحلو عديمة التوافق ذاتيًا، وبعضها عديم التوافق خلطيًا. أما في الكريز المر فإن معظم الأصناف تكون متوافقة ذاتيًا وخلطيًا

تنشأ الثمرة من أنسجة المبيض فقط، وهي حسلة تحتوى على بذرة واحدة، ومحاطة بجدار الكربلة الداخلي endocarp المتحجر. والجدار الوسطي للكربلة (الـ mesocarp) لحمى، أما الجدار الخارجي (الـ exocarp) فهو عبارة عن الجلد.

للحصول على حبوب اللقاح اللازمة للتلقيح يمكن قطع أفرع من نباتات الآباء ودفعها للإزهار في الصوبة أو في حجرة دافئة حتى يتوفر لقاحها عندما تكون نباتات الأمهات جاهزة للتلقيح ويتعين الاحتراس من تلوثها بحبوب لقاح غريبة. وهي التي يمكن أن تصل إليها بواسطة النحل أو الحشرات الأخرى

عند تفتح الازهار يمكن جمع المتوك بإمرار مشط على الخيوط تترك المتوك بعد ذلك في وعاء مفتوح في حرارة الغرفة (حوالى ٢٠°م) لحين جفافها، حيث تتفتح بسهولة ويخرج منها حبوب اللقاح بعد جفافها ويجب تخزين حبوب اللقاح في مكان جاف وبارد لحين استعمالها

هذا ويسمح تركيب أزهار النباتات ذات النواة الحجرية بإجراء عملية الخصى بسهولة نظرًا لتجمع الطلع والمتاع داخل البتلات المطوية، ومع نمو البرعم يندفع الكأس لأعلى حاملا التويج الذى يكون كأسًا حول المبيض. أما القلم فإنه يستطيل

لأعلى من خلال الأسدية، كما يندفع أحيانًا من خلال البتلات وعند الخصى يكون من السهل قطع "كأس" الكأس، حيث يسهل بعد ذلك إزالة التويج مع صفوف الأسدية الثلاثة، وترك المتاع فقط.

ومن الطبيعى ألاّ تجرى عملية الخصى فى الأصناف عديمة التوافق ذاتيًّا

وإذا أجرى الخصى قبل تفتح الأزهار مباشرة، فإنه يمكن إجراء التلقيح المطلوب بعد الانتهاء من عملية الخصى مباشرة

يُجرى التلقيح بالاستعانة بفرشاة من شعر الجمل

وتتعين حماية الأزهار بعد التلقيح وإلى حين تغير لون المياسم إلى اللون البنى؛ حيث تزال أكياس الحماية الورقية، وتستبدل باكياس قماشية أو من الشاش تثبت فى نهاية الفرع لحماية التمرة النامية، ولتجنب فقدها إذا ما سقطت بعد اكتمال نضجها، ولكن يتعين حصاد الثمار قبل وصولها إلى تلك المرحلة (عن Cullinan ١٩٣٧)

الموالح

تحمل أزهار الموالح فرادى أو فى مجموعات تتكون من نورات إبطية أو طرفية محدوده تتكون الزهرة من أربع أو خمس بتلات بيضاء أو أرجوانية اللون (تكون البتلات فى الليمون البنزهير بيضاء من الداخل وأرجوانية اللون من الخارج)، وطلع يحتوى على ٢٠–٤٠ سداة، ومتاع يتكون من كربلة واحدة تحتوى على ٧ ١٥ حجرة

التلقيح الذاتى هو السائد فى معظم أصناف البرتقال والجريب فروت، إلاّ أن أزهار الموالح جذابة لأنواع عديدة من الحشرات، ومنها نحل العسل

أزهار الموالح كبيرة نسبيًّا، ويكون من السهل خصيها قبل تفتحها وتتعين حماية الأزهار المخصية بتكييسها. تلقح الأزهار المخصية بعد تفتحها مباشرة، ثم تكيس ثانية إلى أن تسقط البتلات وتبدأ الثمرة فى النمو، وحينئذ يستبدل الكيس الورقى بآخر قماشى لتجنب فقد الثمرة إذا ما سقطت

هذا ويكون التلقيح باستعمال حبوب لقاح تجمع من أزهار سبق تكبيسها وهى

مازالت فى طور النمو البرعمى وقد تستعمل فى التلقيح مباشرة أو بعد تخزينها لحين إزهار نباتات الأمهات.

ويمكن تخزين حبوب اللقاح مدة سهرين بتجفيفها جيدا فوق حامض الكبريتيك المركز ثم وضعها فى قنينة زجاجية تحت تفريغ بخفض الضغط الجوى داخلها إلى ٥٠ مم زئبق.

تحتوى البذرة الواحدة على جنين واحد (يكون جنسيًا) إلى ١٥ جينًا (تكون لاإخصابية) تزرع البذور بعد استخلاصها مباشرة دونما تجفيف (عن Traub & Robinson ١٩٣٧)

طرق إجراء التلقيحات فى بعض نباتات الزهور

الورد

تخصى أزهار نباتات الأمهات وهى مازالت فى طور البرعم، بإمرار مشرط بحرص - دائريًا - أسفل البتلات إلى أن تسقط جميعها وتظهر الأسدية، حيث تزال جميعها بعناية بالملقط مع الحرص حتى لا تصاب المياسم بضرر تكيس الأزهار المخصية. وتترك إلى أن تصبح المياسم لزجة ومستعدة للتلقيح، ويكون ذلك بعد يومين أما أزهار الآباء فإنها تكيس هى الأخرى وهى فى الطور البرعمى، لمنع تلوثها بحبوب لقاح غريبة وبعد اكتمال تفتحها تجمع منها حبوب اللقاح فى زجاجة ساعة يجرى التلقيح بفرشاة. ثم تكيس الأزهار الملقحة مرة أخرى، ويستدل على نجاح التلقيحات باستدارة الكأس وانتفاخه

بسلة الزهور

تخصى أزهار نباتات الأمهات وهى مازالت فى طور البرعم، بإمرار إبرة بامتداد موضع اتصال حافتى العلم، ثم يثنى العلم لأسفل ومعه أحد الجناحين. فيظهر الزورق يفتح نحو ٤ مم من قمة الزورق بالملقط ثم يضغط عليه لأسفل، حتى تظهر الأسدية تقطع المتوك مع جزء من الخيوط بواسطة ملقط ويمكن إجراء التلقيح بعد الخصى مباشرة، ولكن يفضل إجراؤه بعد نحو يوم، ونصف يوم من الخصى حينما تكون المياسم

مستعدة للتلقيح ويجرى التلقيح بقطع ميسم زهرة حديثة التفتح، محملا بحبوب اللقاح، ووضعه على ميسم الزهرة المخصية.

الأراولة

تنتخب نورة متوسطة الانفراج (النورة رأس head). ويقص تويج أزهارها السعاعية (الخارجية) من أعلى لإظهار الأقلام يختار عدد مناسب من الأزهار الشعاعيه (وهى أزهار مؤنثة)، وتزال بقية الأزهار الشعاعية، وجميع الأزهار القرصية الداخلية (وهى أزهار خنثى) تكيس النورة بعد ذلك، وتترك إلى حين استطالة أقلام الأزهار المتبقية فيها، ويكون ذلك في ظرف أيام قليلة ويجرى التلقيح – حينئذ – بفرشاة، توجد بها حبوب لقاح، جمعت من نورات متفتحة، سبق تكييسها وهى فى طور البرعم.

حنك السبع

تجرى التلقيحات على نورة واحدة أو نورتين بكل نبات تقصف القمة الناميه لهذه النورات وتزال أزهارها الكبيرة، ويترك بكل منها من ٧–١٠ براعم زهرية غير متفتحة تخصى من ٢–٣ أزهار من كل نورة يوميًا عندما تبلغ حجما مناسبًا للتلقيح، وذلك بنزع الكأس والطلع – معا – من أسفل بملقط، ثم تغطى النورة بكيس من الجلاسين ويجرى التلقيح بعد ٢-٣ أيام من الخصى حينما تكون الأزهار مستعدة للتلقيح. ويمكن تلقيح الأزهر السفلى بالنورة، وخصى الأزهار العليا فى نفس اليوم، ويتم التلقيح بإمرار متك زهره حديثة التفتح على ميسم الزهرة المخصية ثم يعاد تكييسها (Emsweller وآخرون ١٩٣٧)

تخزين حبوب اللقاح وحيويتها

يتطلب الوضع – أحيانا – تخزين حبوب اللقاح؛ إما لغرض حفظ الجيرمبلازم، وإما لكى يمكن إجراء الهجينات اللازمة بين أصناف لا تزهر فى وقت واحد، أو بين نباتات نامية فى مناطق جغرافية بعيدة عن بعضها، وتسلك حبوب اللقاح مسلك البذور فى قدرتها على الاحتفاظ بحيويتها فى أثناء التخزين، وطبيعة استجابتها لمختلف المؤثرات البيئية

تقسم النباتات - من حيث قدرة حبوب لقاحها على الاحتفاظ بحيويتها في أثناء التخزين - إلى ثلاث فئات كما يلي:

١ - نباتات تحتفظ حبوب لقاحها بحيويتها لفترات طويلة، كما في العائلتين الوردية، والبقولية

٢ - نبتات تحتفظ حبوب لقاحها بحيويتها لفترات متوسطة، كما في العائلتين الزنبقية، و ثومية

٣ - نبتات تحتفظ حبوب لقاحها بحيويتها لفترات قصيرة، كما في العائله نجيلية

تأثير العوامل البيئية في حيوية حبوب اللقاح المخزنة

تتأثر حيوية حبوب اللقاح المخزنة بالعوامل البيئية التالية

١ الرطوبة النسبية

يؤدي نقص الرطوبة النسبية إلى زيادة فتره احتفاظ حبوب اللقاح المخزنة بحيويته، وتنطبق هذه القاعدة حتى حد أدنى معين للرطوبة النسبية، يختلف باختلاف الأنواع النباتية، ويتراوح من ٨-٢٥٪ وتتسبب الرطوبة النسبية الأقل من الحد الأدنى المناسب للنوع النباتي إلى فقدان حبوب اللقاح لحيويتها، وربما حدث ذلك نتيجة للأكسدة الذاتيه للمواد الدهنية التي توجد بها وتعرض الرطوبة النسبية الأعلى من ٦٠٪ حبوب اللقاح للإصابة بالنموات الفطرية والبكتيرية ويزداد الضرر الواقع على حبوب اللقاح عند تذبذب الرطوبة النسبية بين الارتفاع والانخفاض عما لو كانت ثابتة ويجب رفع رطوبه حبوب اللقاح التي خزنت في رطوبة منخفضة تتراوح بين ١٠٪، و ٣٠٪ - قبل استعمالها في التلقيحات - بتركها في رطوبة نسبية تبلغ ٨٠٪ لمدة يوم كامل

٢ درجه الحرارة

تزداد فترة احتفاظ حبوب اللقاح المخزنة بحيويتها، كلما كانت الحرارة أقرب إلى درجة التجمد كما أمكن تخزين حبوب اللقاح في درجة حرارة تراوحت بين -١٨٠°م، و -١٩٠°م دون أن يحدث لها أي ضرر وخزنت حبوب لقاح النوعين *Pyrus malus*، و *P communis* لمدة ٣٢٨٧ يوما في حرارة تراوحت من -١٧°م إلى ٣٧°م دون أن تفقد حيويتها كذلك أمكن حفظ حبوب اللقاح بالتجفيد freeze drying

٣ – العوامل البيئية الأخرى

تزداد فترة احتفاظ حبوب اللقاح المخزنة بحيويتها، بخفض تركيز الأكسجين، وزيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون فى هواء المخزن إلا أن التعرض للضوء – خاصة الأشعة فوق البنفسجية – يحدث أضرارًا لحبوب اللقاح المخزنة (عن Johri & Vasil ١٩٦١، و Harrington ١٩٧٠، و Roberts ١٩٧٥)

الظروف المناسبة لتخزين حبوب اللقاح

أمكن تخزين حبوب اللقاح فى كل من *Brassica napus*، و *B. oleracea*، و *B campestris* لمدة تزيد عن العام فى مخزن جاف على حرارة -٢٠°م وقد كانت نسبة التلقيحات التى نتج عنها قرون ناضجة باستعمال ذلك اللقاح أفضل – فى بعض الحالات – مما فى حالة استعمال حبوب لقاح طازجة، ولكن كان عدد البذور/خردلة متقاربًا (Brown & Dyer ١٩٩١)

وأدى تخزين حبوب لقاح الفلفل فى النيتروجين السائل على حرارة -١٩٦°م إلى انخفاض متزايد فى نسبة الإنبات على بيئة صناعية بزيادة فترة التخزين، حيث انخفض الإنبات بنسبة ١٧٪ بعد ١٨ شهرًا، وبنسبة ٣٧٪ بعد ٤٢ شهرًا. وقد احتفظت حبوب اللقاح المخزنة بقدرتها الطبيعية على إحداث الإخصاب دون التأثير معنويًّا على نسبة عقد البذور (Alexander وآخرون ١٩٩١).

ويقرر Barabás & Kovács (١٩٩٧) أن الحفظ فى النيتروجين السائل على -١٩٦°م يعد أفضل وسيلة لتخزين حبوب اللقاح الفاقدة جزئيًّا لرطوبتها (partially dehydrated)، ويمكن اعتبار ذلك الإجراء إحدى وسائل حفظ الجيرمبلازم.

كما أمكن حفظ حبوب لقاح اليام لمدة سنتين بحالة جيدة بتخزينها على -٨٠°م (Ng & Daniel ٢٠٠٠).

أسباب تدهور حيوية حبوب اللقاح عند التخزين

من الأسباب المحتملة لتدهور حيوية حبوب اللقاح عند التخزين ما يلى:

١ – استنفاذ المواد الغذائية التى توجد بحبة اللقاح فى التنفس.

٢ – توقف نشاط بعض الإنزيمات

٣ – الجفاف

٤ – تراكم نواتج أيضية ثانوية

٥ حدوث تغيرات فى المواد الدهنية بالأغشية الخلوية لحبة اللقاح

وتبدو حبوب اللقاح المخزنة أحيانا كما لو كانت ميتة، إلا أنها تستعيد حيويتها إذا وضعت فى رطوبه مرتفعة لعدة أيام وتتطلب حبوب اللقاح المخزنة تركيزات أعلى من السكريات لكى تنبت وإذا كانت نسبة إنباتها ٣٥٪ بعد انتهاء فترة التخزين فإنها تنبت بصورة طبيعية فى الحقل

طرق اختبار حيوية حبوب اللقاح

نختبر حيويه حبوب اللقاح ومدى قدرتها على إخصاب البويضات فى التهجينات بثلاث طرق رئيسية، هى كما يلى

١ بإجراء التلقيحات فى أزهار مخصية، ثم تقدير عدد أنابيب اللقاح النابتة فى قلم الزهرة. أو بتقدير عدد البذور التى تعقد فى الثمار الناضجة المتكونة. يعيب تلك الطريقه احتياجها لوقت طويل لإجرائها، فضلا عن أن عقد البذور قد يتأثر بعوامل أخرى عديده

٢ استنبات حبوب اللقاح فى بيئات صناعية، وتقدير نسبة الإنبات ونمو الأنابيب اللقاحية تتطلب هذه الطريقة وقتا أقل كثيرا مما تتطلبه الطريقة الأولى، إلا أن قيمتها الفعلية فى التنبؤ بأداء حبوب اللقاح يتوقف على الاختيار المناسب لبيئة الاستنبات. ودرجة الحراره

٣ – الاختبارات الهستولوجية لحبوب اللقاح

تعتمد الاختبارات الهستولوجية إما على قدرة النواة الخضرية بحبة اللقاح على أن تُصبغ فيها مكونات معينة بصبغات خاصة، وإما على نشاط إنزيمات معينة

وقد استخدم المركب iodine-potassium iodide فى صبغ النشا، والـ aniline blue فى صبغ النشا وعديدات السكر الأخرى، والـ phyloxin methyl green فى صبغ الجدر الخلوية. والـ safranin، والـ acetocarmine فى صبغ الكروماتين والرنا

أما النشاط الإنزيمى فإنه يتضمن - غالبًا – اختزال مجموعة التترازوليم tetrazolium لإعطاء الفورمازانات formazans الملونة غير الذائبة، والتحلل المائى للـ fluorescin diacetate لإنتاج الـ fluorescin (عن Abdul-Baki ١٩٩٢)

ومن بين طرق الصبغ السريعة التى استخدمت فى التعرف على حيوية حبوب اللقاح، ما يلى:

أ – اختبار أملاح التترازوليم Tetrazolium Salts:

فعلى سبيل المثال استخدم Norton (١٩٦٦) عددًا من أملاح التترازوليم، لاختبار حيوية حبوب لقاح البرقوق، ووجد أن أكثرها فاعلية هو 3(4,5-dimethyl thiazolyl 1-2) 2,5-diphenyl tetrazolium bromide، الذى يعرف بالرمز MTT وكان الارتباط عاليًا، وموجبًا (r=٩٩ ٠) بين نسبة الإنبات فى البيئة الصناعية، ونسبة حبوب اللقاح الملونة فى الاختبار

ب – اختبار الصبغ بالـ malachite green:

توصل Alexander (١٩٦٩) إلى طريقة للتمييز بين حبوب اللقاح الحية والميتة بوضعها فى محلول يتكون من مركبات، تضاف إلى بعضها بالترتيب والكميات التالية

الكمية	المركب
١٠ مل	كحول إثيلى
١ مل	صبغة malachite green ١٪ فى ٩٥٪ إيثانول
٥٠ مل	ماء مقطر
٢٥ مل	جلسرين
٥ جم	فينول
٥ جم	كلورال هيدريت chloral hydrate
٥ مل	مركب acid fuchsin ١٪ فى الماء
٠,٥ مل	صبغة orange G ١ ٪ فى الماء
١–٤ مل	حامض خليك ثلجى

يُرج المخلوط جيدًا بعد كل إضافة، ويخزن فى زجاجة ملونة. ويفيد وجود حامض الخليك الثلجى فى عمل حد فاصل واضح بين الجدر الخلوية التى تصبغ باللون

الأخضر، والبروتوبلازم الذى يصبغ باللون الأحمر وتتوقف كمية الحامض لتى يجب إضافتها على سمك جدر حبوب اللقاح التى يراد اختبار حيويتها، فتكون ١، و ٢، و ٣ مل فى حالة حبوب اللقاح الرقيقة، والمتوسطة، والسمكية الجدر، على التوالى، ويكون ٤ مل عند اختبار حبوب اللقاح، وهى مازالت داخل المتوك ويمكن إسراع عملية الصبغ بتدفئة الشريحة على اللهب بالنسبة لحبوب اللقاح ذات الجدر الرقيقة أما حبوب اللقاح ذات الجدر السميكه فإنها تترك فى المحلول لمدة ٢٤–٤٨ ساعة على حرارة ٥٠°م تصبغ حبوب اللقاح الحية باللون الأحمر، بينما تأخذ حبوب اللقاح الميتة لونا أخضر ويمكن اتباع هذه الطريقة فى صبغ حبوب اللقاح، وهى داخل المتوك إن كانت المتوك صغيرة الحجم

جـ اختبار الصبغ بالـ Fluoroscein Diacetate

تتميز هذه الطريقة عن الطرق السابقة بأنها لا تعتمد على وجود أو غياب السيتوبلازم، لأن وجوده لا يعنى بالضرورة أن حبة اللقاح كاملة الخصوبة، كما يتضح من اختبارات الإنبات فى البيئات الصناعية وتعتمد هذه الطريقة على مدى سلامه الغشاء البلازمى الخارجى Plasmalemma، حيث تسمح الأغشية غير السليمة بدخول صبغة الـ Fluoroscein Diacetate، لتتحلل إلى Fluoroscein فى السيتوبلازم، وتتراكم داخليًا – مما يسمح برؤيتها لقدرتها على الاستشعاع. وقد استخدمت هذه الطريقة بنجاح فى اختبار حيوية أكثر من ٣٠ نوعا نباتيًا، منها البصل، والطماطم

تتميز الطريقة ببساطتها، ففى الطماطم أذيب ٢ مجم من الصبغة فى ١٠٠ مل أسيتون، ثم خلطت نقطة من محلول الصبغة مع نقطة من محلول ٠.٥ مولار سكروز على شريحة مجهرية، ثم أضيفت إليها حبوب اللقاح ويفضل ترك نقطة محلول الصبغة لمدة دقيقة واحدة، لكى يتبخر الأسيتون قبل إضافة محلول السكروز، أو تعلق حبوب اللقاح فى محلول السكروز (Peterson & Taber ١٩٨٧)

وعاده لا تتطلب الاختبرات الهستولوجية لحبوب اللقاح سوى ٢٠ -٣٠ دقيقة. إلاّ أن مادة الصبغ كثيرا ما تؤثر سلبيًا على حبوب اللقاح. الأمر الذى أمكن تجنبه فى الطريقه التالية

د – توصل Abdul-Baki (١٩٩٢) إلى طريقة لتقدير حيوية حبوب اللقاح جمع فيها بين اختبارى الاستنبات فى بيئة صناعية والصبغ بالـ fluorescin diacetate (اختصارًا FDA) وكانت كما يلى:

استنبت حبوب لقاح الطماطم فى بيئة تتكون من:

0.29 M sucrose
1.27 mM $Ca(NO_3)_2$
0.16 mM H_3BO_3
1 mM KNO_3

وبعد ضبط الـ pH عند ٥.٢ أضيفت صبغة FDA بتركيز ٠.٠٠١٪. وبهذه الطريقة أمكن تقدير حيوية حبوب اللقاح فى خلال ٣٠ دقيقة بحساب نسبة الحبوب الفلورية فى عينة منها كما سمحت هذه الطريقة بتقدير نسبة الإنبات فى البيئة ونمو الأنابيب اللقاحية فى خلال ساعة ونصف الساعة، ولم تكن لبيئة الاستنبات أو للصبغة المستعملة أى تأثيرات ضارة على حيوية حبوب اللقاح أو نمو الأنابيب اللقاحية. وقد وجد ارتباط عالٍ بين نسبة حبوب اللقاح الفلورية ونسبة الإنبات الكلى لحبوب اللقاح، بما يعنى أن استشعاع حبوب اللقاح يعد دليلاً جيدًا على حيويتها حبوب اللقاح

أمكن ملاحظة النواة الذكرية والأنثوية الخضرية بسهولة فى حبوب لقاح الأسبرجس بصبغها بمحلول كلوريد الحديديك المتبع بعد إضافته إلى المثبت Carnoy's I بمعدل ٣٠ ميكرولتر/مل (Ziauddin وآخرون ١٩٩٧).

اختبارات استنبات حبوب اللقاح

تجرى اختبارات استنبات حبوب اللقاح إما فى البيئات الصناعية *in vitro* لتقدير حيويتها. وإما على مياسم الأزهار *in vivo* لتقدير حيويتها، أو لدراسة حالات عدم التوافق

اختبارات الاستنبات فى البيئات الصناعية

يتأثر إنبات حبوب اللقاح فى البيئات الصناعية بعوامل كثيرة، نذكر منها ما يلى

أ – السكريات

تعد السكريات مواد غذائية ضرورية لإنبات حبوب اللقاح، ونمو الأنابيب اللقاحية ويجب أن يكون تركيز السكريات فى البيئة الصناعية مقاربًا لتركيزها فى حبة اللقاح لكى يكون الإنبات جيدًا ويتناسب الضغط الأسموزى للبيئة طرديًّا مع نسبة إنبات حبوب اللقاح وطول الأنابيب اللقاحية

ب – البورون

يؤثر البورون فى إنبات حبوب اللقاح ونموها أكثر من أى هرمون معروف، أو فيتامين أو مركب كيميائى يشجع البورون امتصاص السكريات، وتمثيلها، ويتحد معها ليكوّن sugar borate complexes، كما يزيد البورون استهلاك الأكسجين، ويدخل فى تمثيل المواد البكتينية اللازمة لجدر الأنابيب اللقاحية النامية يفضل أن يكون تركيز البورون فى البيئات الصناعية ١٥٠ جزءًا فى المليون. ويستخدم حامض البوريك – غالبا – كمصدر للبورون ويبدو أن حبوب لقاح معظم الأنواع النباتية تفتقر – طبيعيًّا - إلى البورون (Vasil ١٩٦٤).

جـ – المركبات الكيميائية الأخرى

ساعد بعض الهرمونات، والفيتامينات، والكاروتينات، ومضادات الحيوية، والأملاح العضوية – فى كثير من الأحيان - على زيادة نسبة إنبات حبوب اللقاح فى البيئات الصناعية ولحامض الجبرلليك تأثير كبير فى زيادة طول الأنبوبة اللقاحية ومن المحتمل أن حبوب اللقاح تحتوى بطبيعتها على كميات كافية من بعض الهرمونات ومنظمات النمو، مما يجعل إضافتها إلى البيئات الصناعية غير مجد

د – التأثير الحيوى لحبوب اللقاح وأعضاء الزهرة الجنسية

تؤدى المعامله بمستخلصات حبوب اللقاح، أو البويضات، أو أقلام الأزهار ومياسمها إلى تشجيع إنبات حبوب اللقاح فى البيئات الصناعية كما يؤدى تجمع حبوب اللقاح مع بعضها إلى زيادة طول الأنابيب اللقاحية ويبدو أن ذلك مرده إلى إفراز بعض المواد المنشطة للنمو من حبوب اللقاح ذاتها

هـ درجة الحرارة

تنمو حبوب لقاح معظم الأنواع النباتية فى حرارة ٢٠-٣٠°م، ويبلغ الـ Q_{10} حوالى

٢٠ تتسبب درجات الحرارة الأعلى من ٣٠°م فى انفجار الأنابيب اللقاحية واتخاذها أشكالاً غير طبيعية.

و – الـ pH:

تنمو حبوب اللقاح فى مدى واسع من الـ pH، ويتراوح المجال المناسب من ٥.٥–٦.٥. ولا يتغير pH البيئات كثيرًا بعد نمو الأنابيب اللقاحية فيها لمدة ساعتين

هذا .. ويكون منحنى نمو الأنابيب اللقاحية sigmoid (الشكل المعروف باسم حرف S) تمامًا. ولا يتغير بتغير درجة الحرارة، أو المواد الغذائية. وتظهر بالأنابيب اللقاحية لغطاة البذور حركة دورانية للسيتوبلازم cytoplasmic streaming تتناسب سرعتها وسرعة نمو الأنابيب اللقاحية.

هذا .. وقد كانت أفضل بيئة لاستنبات حبوب لقاح الباذنجان – فى إحدى الدراسات – هى التى تكونت من ١٪ آجار، و ١٢٪ سكرور، و ٣٠٠ جزء فى المليون حامض بوريك H_3BO_3، و ٣٠٠ جزء فى المليون نترات الكالسيوم $CaNO_3$. ويجرى الفحص بعد ٢–٣ ساعات من التحضين على ٢٥°م، حيث لا يحدث أى انفجار لحبوب اللقاح خلال تلك الفترة. وتأكدت صلاحية تلك الطريقة بمقارنة نتائجها مع نتائج اختبار الحيوية بالصبغ بالـ triphenyltetrazolium caloride (Guler وآخرون ١٩٩٥)

اختبارات الاستنبات فى مياسم الأزهار

يستفاد من اختبارات استنبات حبوب اللقاح فى مياسم وأقلام الأزهار فى دراسات نسبة الإنبات، وعدم التوافق. وقد توصل Martin (١٩٥٩) إلى طريقة سهلة وسريعة لفحص الأزهار الملقحة لمعرفة درجة نمو الأنابيب اللقاحية فى أقلام الأزهار بعد ١–٢ يوم من التلقيح، وهى كما يلى: تثبت أقلام ومياسم الأزهار فى مخلوط يتكون من الفورمالين، وحامض الخليك، والكحول الإيثيلى ٨٠٪ بنسبة ١:١:٨، على التوالى. ثم تُليّن فى محلول صودا كاوية قوى (٨ عيارى)، ثم تصبغ فى محلول ١٠٠٪ من صبغة أزرق الأنيلين aniline blue المذابة فى محلول ١٠٠ عيارى من K_3PO_4 تهرس الأقلام والمياسم – بعد ذلك – بواسطة أغطية الشرائح المجهرية، وتفحص باستعمال مجهر تعتمد إضاءته على الأشعة فوق البنفسجية بطول موجة ٣٥٠ مللى ميكرونًا، ويجرى

الفحص فى حجرة مظلمة يظهر الكالوز calluse الذى يوجد بجدر حبوب اللقاح والأنابيب اللقاحية بلون أخضر زاهٍ مصفر، بينما تظهر أنسجة القلم بلون أزرق رمادى، وبذا يمكن دراسة الإنبات، ومدى نمو الأنابيب اللقاحية فى أنسجة القلم

هذا ويستدل من دراسات Fernandez Munoz وآخرين (١٩٩٤) التى أجريت على عديد من أصناف وسلالات الطماطم المنزرعة وأنواعها البرية، والتى عرضت خلال فترة تطور وتكوين الأزهار لحرارة تقل عن ١٠°م ليلا يستدل منها على وجود ارتباطات إيجابية ومعنوية بين أزواج القياسات التالية بين عدد البذور بالثمرة، وعدد الأنابيب اللقاحية عند قاعدة القلم، وبين نسبة عقد الثمار الطبيعية، ونسبة حبوب اللقاح التى تصبغ بالـ acetocarmine، وبين نسبة حبوب اللقاح التى تصبح فلورية بعد صبغها بالـ FDA، ونسبة حبوب اللقاح التى تنبت فى البيئة الصناعية وقد كان عدد الأنابيب اللقاحية فى قاعدة القلم أكثر القياسات ارتباطا مع عدد البذور بالثمرة ورغم دقة هذا القياس فإنه يتطلب جهدا كبيرا لإجرائه وقد كان اختبار الصبغ بالأسيتوكارمن أفضلها كاختبار سريع ودقيق لحيوية حبوب اللقاح، ولكنه لم يكن مفيدا وكذلك اختبار الصبغ بالـ FDA – مع التراكيب الوراثية التى كانت حبوب لقاحها قليلة الحيوية

ولمزيد من التفاصيل عن فسيولوجيا حبوب اللقاح بوجه عام . يراجع Johri & Vasil (١٩٦١)، و Linskens (١٩٦٤)

أساسيات بعض الجوانب العملية التى يُستفاد منها فى برامج التربية

ليس من أهداف هذا الفصل التطرق إلى الجوانب العمية التى يمارسها المربى عند التربية لأغراض معينة، مثل المقاومة للأمراض والآفات، أو تحمل الظروف البيئيه القاسيه، أو تحسين صفات الجودة .. إلخ، فلتلك الأمور مراجعها المتخصصة. نذكر منها – على سبيل المثال – لا الحصر – حسن (١٩٩٣)، وحسن (١٩٩٥)، و Gupta (٢٠٠٠)، وهى مراجع تهتم بالأهداف الثلاثة التى أسلفنا بيانها، على التوالى. أما اهتماماتنا فى هذا الفصل فهى تنصب على بعض الجوانب العملية التى يُستفاد منها فى برامج التربية بصوره عامة

وسائل تقصير فترة الجيل الواحد فى النباتات الشجيرية، والتغلب على مشكلة تعدد الأجنة فى بعضها

التفاحيات (التفاح، والكمثرى)

إن من أهم مشاكل التربية فى الفواكه التفاحية طول الفترة التى يستلزمها برنامج التربية، فيلزم – عادة – ما بين ١٠، و ١٥ سنة من وقت زراعة البذور لحين وصول الأشجار إلى مرحلة من الإثمار يمكن معها تقييمها جيدًا، علمًا بأن تلك الفترة أطول كثيرًا من تلك التى تلزم للوصول إلى مرحلة الإثمار ذاتها فى حالات الإكثار الخضرى ولإكثار واختبار تركيب وراثى جيد يلزم – عادة – نحو ١٠-١٢ سنة أخرى وبعد التوصل إلى الصنف الجديد، فإنه تلزم سنوات أخرى قبل وصول البساتين التجارية منه إلى مرحلة الإثمار ولذا فإنه يلزم – عادة – ما بين ٣٠، و ٤٠ سنة من وقت إجراء التلقيحات إلى حين وصول ثمار الأصناف الجديدة للمستهلك من البستان التجارى

ومن أهم الوسائل التي اتبعت للتغلب على مشكلة عامل الزمــن فــي برامــج تربية الفاكهة التفاحية، ما يلي:

١ – تطعيم البادرات الناتجة من التلقيحات على أشجار صغيرة·

يمكن اختصار الوقت وتوفير المساحة البستانية بتطعيم براعم أو أفرع خضرية من بادرات التفاح أو الكمثرى التي يُراد تقييمها على أشجار أكبر عمرا، حيث يمكن تطعيم عدة براعم أو سيقان على شجرة تفاح واحدة بعمر ٤ ٦ سنوات. يفضل عند اتباع هذه الطريقة أن تكون جميع التطعيمات بالشجرة الواحدة من تلقيح واحد وعادة يمكن الحصول على budwood أو عقل للتطعيم من النباتات الناتجة من التلقيحات في نهايه موسم النمو الأول

ومن الأهمية بمكان أن تكون الأشجار المطعم عليها صغيرة وبعمر ٤–٦ سنوات، ليكون من السهل إجراء التطعيمات عليها، وليسهل تقييم الثمار عليها – فيما بعد – وهي مازلت صغيرة

يمكن عند اتباع هذه الطريقة الحصول على إثمار جيد بعد ٣–٤ سنوات من التطعيم، وبذا يمكن تقييم المحصول بعد ٥ سنوات من إجراء التلقيح، أي يتم توفير نحو ٣-٥ سنوات

ويعاب على هذه الطريقة أنها لا تسمح بتقييم الشجرة من حيث قوة النمو. وتشكلها العام، ومقاومتها للأمراض (عن Magness ١٩٣٧)

٢ - إسراع الإثمار خلال العمليات البستانية

ومن أهم الوسائل البستانية التي تفيد في هذا الشأن، ما يلي

أ - تشجيع النمو الشجري القوي في السنوات الأولى بزيادة مسافة الزراعة

ب تقليم الجذور

جـ تحليق الملف في جذوع الأشجار. وهو أمر لا يجدي إلاّ في الأشجار التي يزيد عمرها عن أربع سنوات

د - التطعيم على أصول مقصرة (Way ١٩٧١)

٣ – الاستفادة من حالات الارتباط بين بعض الصفات الخضرية وبعض الصفات الثمرية

من أمثلة حالات الارتباط بين صفات النمو الخضرى وصفات النمو الثمرى، ما يلى:

● وجد ارتباط عالٍ بين pH أوراق أشجار التفاح الصغيرة – وهى بعمر سنتين – و pH ثمار ذات الأشجار عندما أصبحت بعمر ٦–٧ سنوات، إلى درجة إمكان اتخاذ تلك العلاقة وسيلة للانتخاب لصفة pH الثمار. وقد تبين أنه عند استبعاد كل البادرات ذات الـ pH الأعلى من المتوسط (٤٠٪ من المجموع الكلى للبادرات)، فإن ذلك يؤدى فى الوقت ذاته إلى استبعاد نحو ٧٤٪ من النباتات التى تنتج ثمارًا ذات pH ٣٫٨ أو أعلى، وهى ثمار قليلة الحموضة وغير مرغوب فيها. هذا إلاّ أن تلك الطريقة لم تكن فعالة فى خفض نسبة الأشجار التى تحمل ثمارا ذا حموضة عالية إلى درجة غير مرغوب فيها (pH ≤ ٢٫٩). وجدير بالذكر أن pH ثمار التفاح صفة وراثية بسيطة ذات سيادة لرقم الـ pH المرتفع، ولكن مع وجود مؤثرات أخرى وراثية تجعل وراثة الصفة أكثر تعقيدًا (Visser & Verhaegh ١٩٧٨).

● وجد أن رقم ترتيب البرعم المتفتح على الفروع الكاملة التى تبلغ سنة من العمر ببادرات التفاح يمكن أن يتخذ – فى الظروف الطبيعية – كوسيلة انتخاب مبكرة ضد فترات السكون الطويلة، ولأجل تحسين التأقلم على ظروف الشتاء المعتدل البرودة (Labuschagné وآخرون ٢٠٠٣).

الموالح

إن من أهم مشاكل تربية الموالح ووسائل التغلب عليها، ما يلى:

١ – يلزم – عادة – مرور نحو ٦–١٠ سنوات بين زراعة البذور إلى حين إثمار النباتات، إلاّ إذا أخذت طعوم من النباتات الناتجة من البذور وطعمت على نباتات أكبر سنًّا، حيث يمكن فى هذه الحالة اختصار الوقت إلى النصف

٢ – قد تحتوى البذرة الواحدة – بالإضافة إلى الجنين الجنسى – على ما قد يصل إلى ١٥ جنينًا لاإخصابية تنتج من نسيج النيوسيلة فى الكيس الجنينى، وهى تعطى نباتات مماثلة للنبات الأم، علمًا بأنه لا يمكن التمييز بين الجنين الجنسى والأجنة اللاإخصابية فى مرحلة مبكرة من النمو إلا إذا اختلف الأبوان فى بعض الصفات الخضرية التى يسهل التعرف عليها فى طور البادرة؛ الأمر الذى يعنى ضرورة زراعة

ورعاية عددا كبيرا من البادرات (هى كل التى تنتج من زراعة البذرة الواحـدة) الى حـين إمكان التميز بين النبات الناتج مـن الجنـين الجنسـى، وتلـك التـى تنتـج مـن الأجنـه اللاإخصابية (عن Traub & Robinson ١٩٣٧)

ولقد استخدمت لسنوات عديدة صفة الورقة الثلاثية trifoliate leaf التـى يتمـيز بـها النوع *Poncirus trifoliata* – كجين معلم سائد – لتمييز البادرات الناتجـة مـن الأجنـة الجنسيه فى التلقيحات الجنسية بـين الجنسـين *Citrus*، و *Poncirus*، لكـن لا يتوفـر جـين كـهذا فـى التقليحـات النوعيـة الأخـرى، أو فـى أصنـاف محـاصيل الحمضيـات المختلفه، ولذا اتجه الباحثون نحو الصفات الفسيولوجية

ومن بين الصفت الفسـيولوجية الهامـة التـى قـد تفيـد فـى هـذا الشـأن صفـة مظـهر مستخلص النموات الخضرية الحديثة، والتى قد يكون بنى اللون بعد فترة وجيزة (صفـة الـ browning)، أو قد يبقى كما هو (صفة الـ non browning) بحتوى استخلص فـى الحاله الأولى علـى مـاده فينوليـة أو أكـثر تتأكسـد بفعـل إنزيـم البـولى فينـول أوكسـدير polyphenol oxidase عند هرس النسيج النباتى، أمـا فـى الحالـة الثانيـه فـلا يحتـوى المستخلص على المادة الفينولية أو أى نشاط إنزيمى وقد تبين من الدراسات الوراثيـة أن التلون البنى صفه بسيطة وسائدة على صفة عدم التلون البنى وتعد أسـرع وسيلة للتميـيز بين التراكيب الوراثية فى تلك الصفة هى بفحص لون البقـع المتكونـة علـى ورق ترسـيح بعد تنقيط المستخلص عليها، ويمكن استعمال تلك الخاصية بسـهولة فى تمييز البـادرات الناتجة من الأجنه الجنسية فى التلقيحات التى تختلف أصـلا فـى تلـك الصفـة (Esen وآخرون ١٩٧٥)

وسائل إكثار النباتات الحولية المنتخبة الصعبة التجذير

يحتاج المربى أحيانا إلى إجراء اختبارات متعددة على النباتات الفردية المنتخبة. ولا سبيل لتحقيق ذلك إلاّ باللجوء إلى وسائل الإكثار الخضرى، الأمر الذى يصعـب غالبـا – تحقيقه فى النباتات الحولية التى تتكاثر بذريًا، والتى قد يكون من الصعب تجذيرها

هذا إلاّ أنه يمكـن -- أحيانـا – التغلـب علـى مشـكلة التجذيـر بإجراء معـاملات خاصة، فعلى سبيل المثـال يمكـن تجذيـر القـاوون – وهـو محصـول صعـب التجذيـر

بقطف القمم النامية القوية النمو بحيث يكون بها حوالى ٤–٥ عقد تُزال الورقتان القاعديتان، وتطمر قاعدة ذلك النمو القمى فى البرليت perlite فى أصص صغيرة (٥ × ٥ × ١٠ سم)، ثم توضع تحت المست المتقطع إلى أن تبدأ فى التجذير؛ الأمر الذى يحدث عند مكان القطع أو عند العقد المطمورة فى البرليت يمكن شتل تلك النباتات بسهولة بعد ذلك فى التربة

وجدير بالذكر أن معاملة قواعد العقل الساقية القمية بإندول حامض البيوتريك بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون كمحلول، أو ٠,٥٪ كمسحوق جاف فى التلك توثر إيجابيًا على معدل التجذير وسرعة نمو الجذور، كما تحفز المعاملة تكوين الجذور على السلاميات ذاتها بالإضافة إلى تكونها عند العقد وكالوس الجروح (Khan وآخرون ١٩٨٨)

دراسة الكروموسومات مجهريًا

تتطلب دراسة الكروموسومات مجهريًا إعداد التحضيرات الميكروسكوبية بطريقة تسمح بدراستها بوضوح.

ويمر إعداد التحضيرات الميكروسكوبية بالخطوات التالية

أولاً: معاملات ما قبل التثبيت

تجرى معاملات ما قبل التثبيت لتحقيق واحد أو أكثر من الأهداف التالية

١ – تأمين حدوث نفاذية سريعة للمثبت فى النسيج النباتى الذى يُراد دراسته

يتحقق ذلك من خلال إزالة المركبات التى يفرزها النسيج النباتى، والتى تعيق نفذ المثبت خلاله؛ فمثلا .. يستخدم Carony's fluid – الذى يحتوى على الكلوروفوم – فى إزالة الترسبات الزيتية.

٢ – إذابة الصفيحة الوسطى

يستخدم لذلك إنزيمات معينة، مثل البكتينيز pectinase، والسيليوليز cellulase.

٣ – تنقية السيتوبلازم من محتوياته الثقيلة بهدف زيادة شفافيته ويتحقق ذلك بغسيل النسيج جيدًا بالماء المقطر، وبالمعاملة بأيدروكسيد الصوديوم أو كربونات الصوديوم

٤ – تحسين تباعد الكروموسومات وتوضيح تحززاتها

يتحقق انتشار الكروموسومات وتباعدها عن بعضها البعض بإحداث تغيرات في درجة لزوجة السيتوبلازم (وهي الخاصية التي تؤثر في تكوين خيوط المغزل)، مما يؤدي إلى ترك الكروموسومات حرة في طور metaphase. كذلك تؤثر التغيرات في لزوجة السيتوبلازم في زيادة وضوح التحززات الكروموسومية – وخاصة عند موقع السنترومير – من خلال ما تحدثه تلك التغيرات من تشبع غير متجانس بالماء في الأجزاء المختلفة من الكروموسوم الواحد.

ومن أهم المركبات المستخدمة في معاملات ما قبل التثبيت، ما يلي:

Colchicine
Para-dichlorobenzene
8-Hydroxyquinoline
α Bromonaphthalene
Acenaphthene
Chloral hydrate
Coumarin
Aesculine

ثانياً: التثبيت

يعمل التثبيت fixation على قتل الأنسجة المراد دراستها عند مختلف مراحل الانقسام دون التأثير على الكروموسومات أو مكونات الخلية الأخرى.

ومن أهم الصفات التي يجب توفرها في المثبت الجيد، ما يلي:

١ – القدرة على ترسيب الكروماتين.

٢ – سرعة النفاذية خلال النسيج لتأمين حدوث قتل فوري، ووقف فوري للانقسام الخلوي.

٣ - منع تحلل النسيج.

ومن أكثر المثبتات استخدامًا، ما يلي:

Flemming's fixative
Carnoy's fixative

وللمثبت الأخير تركيبات كثيرة جدًا، هي بمثابة تحورات في تركيبه المثبت الأصلى

ثالثًا: الصبغ Staining:

لا يمكن دراسة الكروموسومات بالميكروسكوب الضوئى العادى إلاّ إذا كانت مصبوغة أما عند فحصها بالـ phase contrast microscope فلا يحتاج الأمر إلى أى صبغ

ومن أهم أنواع الصبغات المستعملة في صبغ الكروموسومات، ما يلي:

Feulgen solution
Acetocarmine
Acetoorecin
Acetolacmoid
Crystal violet
Chlorazol Black E
Azure E

رابعاً: توضيح الكروموسومات طولياً Chromosome banding

تُدرس الكروموسومات – تقليديًا – على أساس صفاتها المورفولوجية، مثل الطول، ونسب الأذرع، وموضع السنترومير، والتحززات الثانوية ... إلخ. ويفيد التوضيح الطولى للكروموسومات في إظهار علامات أخرى بها. فمثلا .. إذا ما صبغت الكروموسومات بصبغات فلورية وفحصت تحت ميكرسكوب فلورى fluoresent microcope، فإنها تظهر كشرائط مفلورة متبادلة مع شرائط داكنة ولكل كروموسوم نظامًا لظهور تلك الشرائط خاصًا به؛ مما يجعل تلك الحقيقة مفيدة للغاية في تعريف الكروموسومات

ويرجع الاختلاف فى طراز الشرائط banding pattern بين الكروموسومات إلى اختلافها فيما يلي:

١ – مدى حدوث التكرار فى الدنا.

٢ – تركيب قواعد الدنا الكروموسومى

٣ – المكون البروتينى للكروموسومات

٤ – درجة اندماج الدنا

ومن أهم تقنيات الـ banding المستعملة فى التعرف على الكروموسومات النباتية، ما يلى:

Quinacrine banding

Hoechst 33258 banding

Giemsa banding

Reverse florescent banding

C-banding

Feulgen banding

Silver banding

N-banding

Orcein banding

خامساً: التقنيات الجزيئية

أمكن من خلال التقنيات الجزيئية molecular techniques الحديثة دراسة التركيب الكيميائى للكروموسومات.

ومن أهم تلك التقنيات، ما يلى:

١ – تقنية in situ hybridization (اختصاراً: ISH).

تفيد تلك التقنية فى التعرف على الكروموسومات، وتمييز أى تغيرات قد تطرأ عليها، وتحديد مواضع ترتيبات معينة لقواعد الدنا، والتى يمكن الاستفادة منها فى عمل الخرائط الجينية.

٢ – تقنية fluorescence in situ hybridization (اختصارا: FISH).

٣ – تقنية multilocular fluorescence hybridization (اختصارا: McFISH).

٤ – تقنية genome in situ hybridization (اختصارا: GISH).

وللتفاصيل المتعلقة بجميع العمليات، والمركبات، والتحضيرات، والتقنيات التى أسلفنا الإشارة إليها تحت هذا الموضوع .. يراجع Gupta (٢٠٠٠).

وكمثال يعطى Skorupska & Allgood (١٩٩٠) الخطوات العملية لتجهيز التحضيرات الميكروسكوبية التي تلزم لفحص كروموسومات البطيخ مجهريًا، مع سبق معاملة الأنسجة بالـ P-dichorobenze وصبغها بالـ Feulgen stain.

تدريبات تناسب الدروس العملية في مقررات التربية

الاستعانة بالنباتات "الميني" السريعة النمو في الدراسات الوراثية وممارسات التربية

تتوفر لأغراض التدريس في مجالي الوراثة وتربية النباتات طرزًا من مختلف أنواع الجنس *Brassica* تكمل دوره حياتها في خلال خمسة أسابيع، وتعرف باسم Wisconsin Fast Plants يمكن زراعة ثلاث أجيال من تلك النباتات خلال الفصل الدراسي الواحد، بحيث يمكن دراسة وراثة الصفات، وتأثير الانتخاب، وبدء مختلف برامج التربية، فضلا عن التدرب على طرق الخصي وإجراء التلقيحات (Goldman ١٩٩٩)

كذلك يمكن استخدام صنف الطماطم ميكروتوم Micro-Tom كنموذج للدراسات الوراثية ودراسات تربية النبات؛ فهذا الصنف يمكن زراعته بكثافة تصل إلى ١٣٥٧ نباتًا/م^2. وتتراوح فترة حياته من زراعة البذرة إلى حين نضج الثمار بين ٧٠-٩٠ يوم، ويمكن تحويله وراثيًّا باستعمال الأوراق الفلقية مع الاستعانة بالـ *Agrobacterium*. وهو لا يختلف عن أصناف الطماطم العادية سوى في زوجين من الجينات الرئيسية وبذا يمكن دراسة تأثير أى طفرة، أو عامل مطفر، أو أى تحول وراثي بسهولة في هذا الصنف، ثم نقل الجين المعني - عند الرغبة في ذلك - إلى أى صنف قياسي (Meissner وآخرين ١٩٩٧).

التدريب على تطبيقات مزارع الأنسجة

مزارع الأجنة

يمكن التدريب على زراعة الأجنة باستعمال البذور الطازجة القريبة من النضج الكامل من كل من الفاصوليا والبسلة والذرة، حيث يسهل فصل أجنتها نظرًا لكبر حجمها

يلى فصل الأجنه تعقيمها سطحيًا فى هيبوكلوريت الصوديوم بتركيز ٢٠٪ لمدة ٢٠ دقيقة، ثم شطفها ثلاث مرات فى ماء مقطر ومعقم ويراعى إضافة نقطتان من منظف صناعى لكل ٢٥٠ مل من محلول التعقيم السابق.

توضع الأجنة بعد ذلك على بيئة موراشيج وسكوج Murashige & Skoog - تحتوى على ٢٠ جم سكروز/لتر – فى أطباق بترى يحتوى كل منها على ٢٥ مل من البيئة (تباع هذه البيئة تجاريًا عل صورة مسحوق) توضع ثلاثة أجنة من كل نوع محصوى فى كل طبق (٩ أجنة بكل طبق بترى)، وتوضع أجنة الكنترول على ورق ترشيح مبلل، كما تزرع البذور ذاتها فى تربة معقمة للمقارنة

يحكم إغلاق أطباق بترى وتحفظ فى الضوء العادى فى حرارة الغرفة أو فى حجرة نمو

يمكن ملاحظة بزوغ جذير الأجنة المزروعة فى خلال ٢٤ ساعة من زراعتها، حيث تستمر فى النمو لتصبح ملتفة حول المحيط الداخلى للطبق فى خلال ٣ أسابيع (Goldy & Moxley ١٩٩١)

مزارع المتوك

يمكن زراعة متوك سلالات البطاطس الثنائية التضاعف - التى سبق انتخابها للمقدرة على النمو فى مزارع المتوك – يمكن زراعتها فى بيئة بسيطة، لتعطى أجنه فى خلال خمسة أسابيع يتطلب نمو النباتات منها ٣-٤ أسابيع أخرى، حيث تصبح كبيرة بالقدر المناسب لفحص مستوى التضاعف بعد أسبوعين من نقلها إلى بيئة أساسية ويجرى الفحص عن طريق عدّ الكروموسوم فى القمة النامية للجذور. وعدّ البلاستيدات الخضراء فى الخلايا الحارسة للثغور (Veilleux ١٩٩٩)

التدريب على دراسة مستوى التضاعف

يمكن التدريب على دراسة مستوى التضاعف فى النباتات بأى من الطرق الآتية (Cramer ١٩٩٩)

١ – فحص القمة النامية للجذور ميكروسكوبيًا.

٢ - فحص الخلايا الأمية لحبوب اللقاح ميكروسكوبيًا

٣ -- تقدير حجم حبوب اللقاح (يزداد بالتضاعف)

٤ - تقدير عدد ثقوب الإنبات بحبوب اللقاح (يزداد بالتضاعف)

٥ – تقدير حجم الثغور (يزداد بالتضاعف)

٦ - دراسة كثافة الثغور (تزداد بالتضاعف)

٧ – فحص الشكل العام.

٨ - تقدير عدد البلاستيدات الخضراء فى الخلايا الحارسة.

يوجد قدر عالٍ من الارتباط بين عدد البلاستيدات الخضراء فى الخلايا الحارسة للثغور بالأوراق ومستوى التضاعف فى النبات؛ ففى البروكولى، كانت العلاقة كما يلى (Choi وآخرون ١٩٩٧)

متوسط عدد البلاستيدات الخضراء/خلية حارسة	مدى عدد البلاستيدات الخضراء/خلية حارسة	مستوى التضاعف
٨.٣	٦–١٢	١ ن
١٣,٦	١٠–١٨	٢ ن
٢٢,١	١٣–٢٩	٤ ن
٣٠,٧	٢٠–٤٦	٥ ن

ولعدّ البلاستيدات الخضراء بصورة دقيقة، تنقع أجزاء من الأوراق فى ٢٠٪ سكروز لمدة ٤-٨ ساعات، ثم تسلخ البشرة بسهولة ويلى ذلك صبغ التحضير المجهرى باستعمال ١٪ نترات فضة لجعل البلاستيدات الخضراء أكثر دكنة؛ مما يجعل من السهل ملاحظتها.

مصادر الكتاب

إلياس، زكي عبد، ومحفوظ عبدالقادر محمد (١٩٨٥) أساسيات تربية المحاصيل الحقلية والبستانية جامعة الموصل – وزارة التعليم العالي والبحث العلمي – الجمهورية العراقية – ٢٧٧ صفحة.

بغدادى، حسن أحمد (١٩٥٥). الفاكهة وطرق إنتاجها. دار مصر للطباعة – القاهرة - ٧٨٩ صفحة

حسن، أحمد عبدالمنعم (١٩٩٣) تربية النباتات لمقاومة الأمراض والآفات الدار العربية للنشر والتوزيع – القاهرة – ٣٧٨ صفحة

حسن، أحمد عبدالمنعم (١٩٩٥). الأساس الفسيولوجي للتحسين الوراثي في النباتات. التربيه لزيادة الكفاءة الإنتاجية وتحمل الظروف البيئية القاسية. المكتبة الأكاديمية – القاهرة – ٣٢٨ صفحة

حسن. أحمد عبدالمنعم (١٩٩٨) تكنولوجيا إنتاج الخضر المكتبة الأكاديمية – القاهرة – ٦٢٥ صفحة

الخشن، على على، وفؤاد حسن خضر، ومحمد إسماعيل على. وأمين على السيد (١٩٨٨) قواعد تربية النبات كلية الزراعة – جامعة الإسكندرية – ٤٣٣ صفحة

طنطاوى، عبدالعظيم، وعلى حامد محمد (١٩٦٣) أساسيات علم الوراثة دار المعارف القاهرة - ٧٠٨ صفحات

عبدالعال، أحمد فاروق (١٩٧٧) أساسيات بساتين الفاكهة دار المعارف - القاهرة -- ٤٤٨ صفحة

عبدالعال. زيدان السيد (١٩٦٤) تربية الخضر دار المعارف - القاهرة -- ٥٥٩ صفحة.

عبدالعزيز. مصطفى، وأحمد محمد مجاهد، وأحمد الباز يونس، وعبدالرحمن أمين النبات العام مكتبة الأنجلو المصرية – القاهرة – ١١٠٠ صفحة

على، حميد جلوب، وفائق توفيق الجلبى (١٩٨١) مبادئ تربية وتحسين النبات لطلبة المعاهد الزراعية الفنية مؤسسة المعاهد الفنية - بغداد – ١٧٠ صفحة

Abdul-Baki, A. A. 1992. Determination of pollen viability in tomatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117(3): 473-476.

Agrawal, R. L. 1998. Fundamentals of plant breeding and hybrid sead production. Science Pub., Inc., Enfield, New Hampshire, USA. 394 p.

Ahloowalia, B. S. and G. S. Khush. 2001. Renaissance in genetics and its impact on plant breeding. Euphytica 118: 99-102.

Alexander, M. P. 1969. Differential staining of aborted and nonaborted pollen. Stain Technol. 44: 117-122.

Alexander, D. E. 1975. The identification of high-quality protein variants and their use in crop inprovement, pp. 223-230. In: O. H. Frankel and J. G. Hawkes (eds.). Crop genetic resources for today and tomorrow. Cambridge Univ. Press, Cambridge.

Alexander, M. P., S. Ganeshan, and P. E. Rajasekharan. 1991. Freeze preservation of capsicum pollen (*Capsicum annuum* L.) in liquid nitrogen (-196°C) for 42 months – effect on viability and fertility. Plant Cell Incompatibility Newsletter No. 23: 1-4.

Alexanian, S. M. 1994. Prospects of development of *ex situ* conservation of plant genetic resources collections in Russia, pp. 70-75. In: F. Begemann and K. Hammer. (eds.). Integration of conservation strategies of plant genetic resources in Europe. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben, Germany.

Allard, R. W. 1964. Principles of plant breeding. Wiley, N. Y. 485 p.

Allard, R. W. 1999. Principles of plant breeding. (2nd ed.). John Wiley & Sons, Inc, N. Y. 254 p.

Almekinders, C. J. M. and A. Elings. 2001. Collaboration of farmers and breeders: Particpatory crop improvement in perspective. Euphytica 122: 425-438.

Ammati, M., I. J. Thompson, and H. E. Mckinney. 1986. Retention of resistance to *Meloidogyne incognita* in *Lycopersicon* genotypes at high soil temperature. J. Nematology 18: 491-495.

Aneja, M., T. Gianfagna, E. Ng, and I. Badilla. 1994. Carbon dioxide treatmeot partially overcomes self-incompatibility in a cacao genotype. HortScience 29(1): 15-17.

Aron, Y., H. Czosnek, S. Gazit, and C. Degani. 1998. Polyembryony in mango (*Mangifera indica* L.) is controlled by a single dominant gene. HortScience 33(7): 1241-1242.

ASHS, American Society for Horticultural Science. 1988. Genetic considerations in the collection and maintenance of germplasm. HortScience 23: 77-97.

Avery, G. S., Jr., E. B. Joahanson, R. M. Addoms, and B. F. Thopmson. 1947. Hormones and horticulture. McGraw-Hill Book Co., N. Y. 326 p.

AVRDC, Asian Vegetable Research and Development Center. 1987. AVRDC progress report summaries 1986. Taiwan, Republic of China. 94 p.

Bajaj, Y. P. S. 1991. Storage and cryopreservation of in vitro cultures, pp. 361-381. In: Y. P. S. Bajaj. (ed.). Biotechnology in Agriculture and Forestry. vol. 17: High-Tech and Micropropagation. Springer-Verlag, Berlin.

Bajaj, Y. P. S. 1995. Cryopreservation of germplasm of potato (*Solanum tuberosum* L.) and cassava (*Manihot esculento* crantz). Biotechnology in Agriculture and Forestry (ed. By Y. P. S. Bajaj), vol. 32: 398-416. Springer-Verlag, Berlin.

Bajaj, Y. P. S. 1995. Cryopreservation of plant cell, tissue, and organ culture for the conservation of germplasm and biodiversity, pp. 3-28. In: Y. P. S. Bajaj. (ed.). Biotechnology in Agriculture and Forestry. Vol. 32: Cryopreservation of Plant Germplasm. Springer-Verlag, Berlin.

Bar, M. and R. Frankel. 1993. Pleiotropic effects of male sterility genes in hybrid tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Euphytica 69: 149-154.

Barker, W. G. and G. R. Johnston. 1980. The longevity of seeds of the common potato, *Solanum tuberosum*. Amer. Potato J. 57: 601-607.

Barnabás, B. and G. Kovács. 1997. Storage of pollen, pp. 293-314. In: K. R. Shivanna an V. K. Shawhney. (eds.). Pollen biotechnology for crop production and improvement. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Basnitzki, Y. and D. Zohary. 1987. A seed-planted cultivar of globe artichoke. HortScience 22: 678-679.

Bass, L. N. 1980. Seed viability during long-term storage. Hort. Rev. 2: 117-141.

Bassett, M. J. (ed.). 1986. Breeding vegetable crops. Avi. Pub. Co., Inc., Westport, Connecticut. 584 p.

Benepal, P. S. and C. V. Hall. 1967. The genetic basis of varietal resistance of *Cucubita pepo* L. to squash bug *Anasa tristis* DeGeer. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 90: 301-303.

Bennett, E. 1970. Tactics of plant exploration, pp. 157-179. In: O. H. Frankel and E. Bennett. (eds.). Genetic resources in plants: their exploration and conservation. Blackwell Sci. Pub., Oxford.

Bernard, R. L. and E. R. Jaycox. 1969. A gene for increased natural crossing in soybean. Agron. Abst. p. 3 (Abstr.). c. a. Plant Breed. Abst. 41: 6523; 1971.

Bhojwani, S. S. and M. K. Razdan. 1983. Plant tissue culture: theory and practice. Elsevier, Amsterdam. 502 p.

Birkett, C. 1979. Heredity development and evolution. McMillan Education Ltd., London. 202 p.

Bliss, F. A. 1981. Utilization of vegetable germplasm. HortScience 16: 129-132.

Bosland, P. W. and E. J. Votava. 2000. Peppers: Vegetable and spice capsicums. CAB International, Wallingford, UK. 204 p.

Bretting, P. K. and D. N. Duvick. 1997. Dynamic conservation of genetic resources. Adv. Agron. 61: 1-51.

Bretting, P. K. and M. P. Widrlechner. 1995. Genetic markers and horticultural germplasm management. HortScience 30(7): 1349-1356.

Brewbaker, J. L. 1964. Agricultural genetics. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N. Y. 156 p.

Brezhnev, D. D. 1975. Plant exploration in the USSR, pp. 147-150. In: O. H. Frankel ad J. G. Hawkes. (eds.). Crop Genetic resources for today and tomorrow. Cambridge Univ. Pr., Cambridge.

Briggs, F. N. and P. F. Knowles. 1967. Introduction to plant breeding. Reinhold Pub. Co., N. Y. 426 p.

Brooks, H. J. and D. W. Barton. 1983. Germplasm maintenance and preservation, pp. 11-20. In: J. N. Morre and J. Janick. (eds.). Methods in fruit breeding. Purdue univ. Pr., West Lafayette, Indiana.

Brown, C. R. 1999. A native American technology transfer: the diffusion of potato. HortScience 34(5): 817-821.

Brown, A. P. and A. F. Dyer. 1991. Effects of low temperature storage on the pollen of *Brassica campestris*, *B. oleracea* and *B. napus*. Euphytica 51: 215-218.

Brown, A. H. D., O. H. Frankel, D. R. Marshall, and J. T. Williams. (eds.) 1989. The use of plant genetic resources. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 382 p.

Burns, G. W. 1983. The Science of genetics: an introduction to heredity. (5th ed.). Macmillan Pub. Co., Inc., N. Y. 515 p.

Burton, G. W. 1951. Quantitative inheritance in pearl millet, *Pennistum glaucum*. Agron. J. 43: 409-417.

Burton, G. W. 1966. Plant breeding – prospects for the future, pp. 391-407. In: K. J. Frey. (ed.). Plant Breeding. Iowa State University Press, Ames, Iowa.

Burton, G. W. 1981. Meeting human needs through plant breeding: past progress and prospects for the future, pp. 433-465. In: P. D. Hebblethwaite. (ed.). The faba bean (*Vicia faba* L.): A basis for improvement. Butterworths, London.

Callaway, M. B. and C. A. Francis. 1993. Crop improvement for sustainable agriculture. University of Nebraska Press, Lincoln, Nebraska. 261 p.

Carafa, A. M. and G. Carratu. 1997. Stigma treatment with saline solutions: A new method to overcome self-incompatibility in *Brassica oleracea* L. J. Hort. Sci. 72(4): 531-535.

Castle, W. E. and S. Wright. 1921. An improved method of estimating the number of genetic factors in cases of blending inheritance. Science 54: 223.

Chahal, G. S. and S. S. Gosal. 2002. Principles and procedures of plant breeding. Alpha Science International Ltd., Pangbourne, UK. 604 p.

Chang, T. T. 1989. The Case of large collections, pp. 123-135. In: A.H.D. Brown, O. H. Frankel, D. R. Marshall, and J. T. Williams. (eds.). The use of plant genetic resources. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Chang, T. T. 1992. Availability of plant germplasm for use in crop improvement, pp. 17-35. In: H. T. Stalker and J. P. Murphy. (eds). Plant breeding in the 1990s. CAB International, Wallingford, UK.

Chaudhari, H. K. 1971. Elementary principles of plant breeding (2nd ed.). Oxford & Ibh Pub. Co., New Delhi. 327 p.

Chhabra, A. K. and S. K. Sethi. 1991. Inheritance of cleistogamic flowering in durum wheat (*Triticum durum*). Euphytica 55: 147-150.

Choi, M. Y., H. W. Jeong, and S. S. Lee. 1997. Improvement of chloroplast observation technique in guard cells for polidy detection of microspore-derived plants in broccoli. (In Korean with English summary). J. Korean Soc. Hort. Sci. 38(6): 666-669. c. a. Plant Breed. Abstr. 68(5): 4738; 1998.

Chopra, V. L. (ed.). 2000. Plant breeding: theory and practice (2nd ed.). Oxford & IBH Pub. Co. Pvt. Ltd, New Delhi, India.

Chrispeels, M. J. and D. E. Sadava. 1994. Plants, genes, and agricultnre. Jones and Bartlett Publishers, Boston. 478 p.

Chung, I. K. 1997. Characterization of S glycoprotein associated with gametophytic self-incompatibility of *Lycopersicon peruvianum*. (In Korean with English summary). J. Korean Soc. Hort. Sci. 38(3): 205-215. c. a. Plant Breed. Abstr. 67(12): 12600; 1997.

Clement, S. L. and S. S. Quisenberry. 1999. Global plant genetic resources for insect-resistant crops. CRC Press, Boca Raton, Florida. 295 p.

Cooper, H. D., C. Spillane, and T. Hodgkin. (eds.). 2001. Broadening the genetic base of crop production. CABI Pub., CAB International, Wallingford, UK. 452 p.

Craig, R. 1968. Implications of the new genetics in plant breeding. HortScience 3: 243-249.

Cramer, C. S. 1999. Laboratory techniques for determining ploidy in plants. HortTechnology 9(4): 594-596.

Creech, J. L. and L. P. Reitz. 1971. Plant germplam now and for tomorrow. Adv. Agron. 23: 1-47.

Crelu, G. du. 1968. Early testing of pollen stigma incompatibility relationships in *Brassica oleracea* by fluorescence, pp. 34-36. In: Brassica meeting of Eucarpia: Horticultural Section; 4-6 Sept. 1968, Wellsbourne, England. c. a. Plant Breed. Abstr. 40: 3944; 1970.

Crow, J. F. 2000. The rise and fall of overdominance. Plant Breeding Reviews 17: 225-257.

Cullinan, F. P. 1937. Improvement of stone fruits, pp. 665-748. Yearbook of agriculture: Better plants and animals II. U.S. Dept. Agric., Washington, D. C.

Dale, M. E. 1991. Luther Burbank (1849-1929). HortScience 26: 1112-1113.

Darrow, G. M. 1966. The strawberry: history, breeding and physiology. Holt, Rinehart and Winston, N. Y. 447 p.

Darwin, C. 1872. The origin of species. (6th ed.). A 1958 reprint with introduction by Sir J. Huxley. The New American Library of World Literature, Inc., N. Y. 479 p.

Denney, J. O. 1992. Xenia includes metaxenia. HortScience 27(7): 722-728.

Devlin, R. M. 1975. Plant physiology. D. van Nastrand Co., N. Y. 600 p.

De Wilde, R. C. 1971. Practical applications of (2-chloroethyl) phosphonic acid in agricultural production. HortScience 6: 364-370.

Dickson, M. H. and D. H. Wallace. 1986. Cabbage breeding, pp. 395-432. In: M. J. Bassett. (ed.). Breeding vegetable crops. Avi Pub. Co., Inc. Westport, Connecticut.

Dickinson, H. G., J. Doughty, S. J. Hiscock, C. J. Elleman, and A. G. Stephenson. 1998. Pollen-stigma interactions in *Brassica*. Symposia of the Society for Experimental Biology No. 51: 51-57.

Dobzhansky, T., F. J. Ayala, G. L. Stebbins, and J. W. Valentine. 1977. Evolution. W. H. Freeman and Co., San Francisco. 572 p.

Doney, D. L., J. C. Theuer, and R. E. Wyse. 1975. Absence of a correlation between mitochondrial complementation and root weight heterosis in sugarbeets. Euphytica 24: 387-392.

Duke, J. 1982. Plant germplasm resources for breeding of crops adapted to marginal environments, pp. 391-433. In: M. N. Christiansen and C. F. Lewis. (eds). Breeding plants for less favorable environments. Wiley, N. Y.

Duvick, D. N. 1966. Influence of morphology and sterility on breeding methodology, pp. 85-138. In: K. J. Frey. (ed.). Plant breeding. Iowa State Univ. Pr., Ames, Iowa.

Edmond, J. B., T. L. Senn, F. S. Andrews, and R. G. Halfacre. 1975. Fundamentals of horticulture. (4th ed.). McGraw-Hill Book Co., N.Y. 560 p.

Ehrlich, P. R., R. W. Holm, and D. R. Parnell. 1974. The process of evolution. McGraw-Hill Kogakusha, Ltd., Tokyo. 378 p.

Eisa, H. M., D. H. Wallace. 1969. Morphological and anatomical aspects of petaloidy in the carrot. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 94: 545-548.

Elliott, F. C. 1958. Plant breeding and cytogenetics. McGraw, N. Y. 395 p.

Ellison, J. H. 1986. Asparagus breeding, pp. 521-569. In: M. J. Bassett. (ed.). Breeding vegetable crops. Avi Pub. Co., Inc., Westport, Connecticut.

Emery, G. C. and H. M. Munger. 1970a. Effects of inherited differences in growth habit on fruit size and soluble solids in tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95: 410-412.

Emery, G. C. and H. M. Munger. 1970b. Effects of inherited differences in growth habit on pattern of harvest in tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95: 407-410.

Emsweller, S. L., P. Brierley, D. V. Lumsden, and F. L. Mulford. 1937. Improvement of flowers by breeding, pp. 890-998. In: Yearbook of agriculture: Better plants and animals. US Dept. Agric., Washington, D. C.

Engeles, J. M. M., V. R. Rao, A. H. D. Brown, and M. T. Jackson. (eds.). 2002. Managing plant genetic diversity. CABI Publishing, CAB International, Wallingford, UK. 487 p.

Engelmann, F. 1991. *In vitro* conservation of tropical plant germplasm a review. Euphytica 57: 227-243.

Esen, A., R. W. Scora, and R. K. Soost. 1975. A simple and rapid screening procedure for identification of zygotic *Citrus* seedlings amony crosses of certain taxa. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 100: 558-561.

Estilai, A., H. H. Naqvi, and J. G. Waines. 1988. Developing guayule as a domestic rubber crop. Calif. Agric. 42(5): 29-30.

Falconer, D. S. 1981. Introduction to quantitative genetics. (2nd ed.). Longman, N. Y. 340 p.

Fang, J., F. Moore, E. Ross, and C. Walters. 1998. Three-dimensional models represent seed moisture content as a function of relative humidity and temperature. HortScience 33(7): 1027-1209.

Fangmeier, D. D., D. D. Rubis, B. B. Taylor, and K. E. Foster. 1984. Guayule for rubber production in Arizona. Univ. Ariz., College of Agric., Agric. Exp. Sta., Tech. Bub. No. 252. 14 p.

Fehr, W. R. 1987. Principles of cultivar development: vol. 1. Theory and technique. Macmillian Pub. Co., N. Y. 536 p.

Fehr, W. R. and H. H. Hadley. (eds.). 1980. Hybrization of crop plants. Amer. Soc. Agron. Madison, Wisc.

Fernandez-Munoz, R., J. J. Gonzalez-Fernandez, and J. Cuartero. 1994. Methods for testing the fertility of pollen formed at low temperature. J. Hort. Sci. 69(6): 1083-1088.

Floris, E. and J. M. Alvarez. 1995. Genetic analysis of resistance of three melon lines to *Sphaerotheca fuliginea*. Euphytica 81: 181-186.

Foldo, N. E. 1987. Genetic resources: their preservation and utilization, pp. 10-27. In: G. J. Jellis and D. E. Richardson. (eds). The production of new potato varieties: technological advances. Cambridge Univ. Pr., Cambridge.

Foster, J. A. 1988. Regulatory actions to exclude pests during the international exchange of plant germplasm. HortScience 23: 50-66.

Frankel, O. H. and E. Bennett. (eds.). 1970. Genetic resources in plants: their exploration and conservation. Blackwell Sci. Pub., Oxford. 554 p.

Frankel, R. and E. Galun. 1977. Pollination mechanisms, reproduction and plant breeding. Springer-Verlag, Berlin. 281 p.

Frankel, O. H. and J. G. Hawkes. (eds.). 1975. Crop genetic resources for today and tomorrow. Cambridge Univ. Pr., Cambridge. 492 p.

Frey, K. J. 1966. Plant breeding. The Iowa State Univ. Press, Ames, Iowa.

Frey, K. J. 1972. Self- and cross-incompatibility systems in plants. Egypt. J. Genet. Cytol. 1: 122-139.

Frey, K. J. (ed.). 1981. Plant breeding II. The Iowa State Univ. Pr., Ames, Iowa. 497 p.

Fryxall, P. A. 1957. Mode of reproduction of higher plants. Bot. Rev. 23: 135-233.

Gardner, E. J. and D. P. Sunstead. 1984. Principles of genetics. John Wiley & Sons, N. Y. 580 p.

Geber, M. A., T. E. Dawson, and L. F. Delph. (eds.). 1999. Gender and sexual dimorphism in flowering plants. Springer-Verlag, Berlin. 305 p.

Goldman, I. L. 1999. Teaching recurrent selection in the classroom with Wisconsin fast plants. HortTechnology 9(4): 579-584.

Goldy, R. G. and D. F. Moxley. 1991. A laboratory exercise to demonstrate embryo rescue. HortTechnology 1: 122-123.

Golmirzaie, A. M. ad M. Ghislain. 1995. Application of biotechnology for conservation and utilization of Andean root and tuber crops. Plant Breeding Abstr. 65(4): 469-470.

Gomez, K. A. and A. A. Gomez. 1984. Statistical procedures for agricultural research. John Wiley & Sons, N. Y. 680.

Gradziel, T. M. and R. W. Robinson. 1989. Breakdown of self-incompatibility during pistil development in *Lycopersicon peruvianum* by modified bud pollination. Sexual Reproduction 2(1): 38-42.

Gradziel, T. M. and R. W. Robinson. 1991. Overcoming unilateral breeding barriers between *Lycopersicon peruvianum* and cultivated tomato, *Lycopersicon esculentum*. Euphytica 54: 1-9

Grant, S. R. 1999. Genetics of gender dimorphism in higher plants, pp. 247-274. In: M. A. Gerber, T. E. Dawson, and L. F. Delph. (eds.). Gender and sexual dimorphism in flowering plants. Springer-Verlag. Berlin.

Greenleaf, W. H. 1986. Pepper breeding, pp. 67-134. In: M. J. Bassett. (ed.). Breeding vegetable crops. Avi Pub. Co., Inc., Westport, Connecticut.

Gritton, E. T. 1986. Pea breeding, pp. 283-319. In: M. J. Bassett. (ed.). Breeding vegetable crops. Avi Pub. Co., Inc., Westport, Connecticut.

Gupta, S. K. (ed.). 2000. Plant breeding: theory and techniques. Agrobios (India), Jodhpur. 387 p.

Guler, H. Y., K. Abak, and S. Eti. 1995. Method, medium and incubation time suitable for *in vitro* germination of eggplant (*Solanum melongena* L.) pollen. Acta Hort. No. 412: 99-105.

Hal, J. G. van and W. Verhoeven. 1968. Identification of S-alleles in Brussels sprouts, pp. 32-33. In: Brassica meeting of Eucarpia: Horticultural Section; 4-6 Sept. 1968, Wellsbourne, England. c. a. Plant Breed. Abstr. 40: 3943; 1970.

Hamon, S. and J. J. Koechlin. 1991. The reproductive biology of okra. I. Study of the breeding system in four *Abelmoschus* species. Euphytica 53: 41-48.

Hamon, S., S. Dussert, M. Noirot, F. Anthony, and T. Hodgkin. 1995. Core Collections – accomplishments and challenges. Plant Breeding Abstracts 65(8): 1125-1133.

Hanan, J. J., W. D. Holley, and K. L. Goldsberry. 1978. Greenhouse management. Springer-Verlag. N. Y. 530 p.

Hanna, W. W. 1995. Use of apomixis in cultivar development. Adv. Agron. 54: 333-350.

Haran, J. R. 1966. Plant introduction and biosystematics, pp. 55-83. In: K. J. Frey. (ed.). Plant breeding. Iowa State Univ. Pr., Ames, Iowa.

Harlan, J. R. 1975. Seed crops, pp. 111-115. In: O. H. Frankel and J. G. Hawkes. (eds). Crop genetic resources for today and tomorrow. Cambridge Univ. Pr., Cambridge.

Harrington, J. F. 1963. Practical and advice instructions on seed storage. Proc. Internat. Seed Test. Assoc. 28: 989-994.

Harrington, J. F. 1970. Seed and pollen storage for conservation of plant

gene resources, pp. 501-521. In: O. H. Frankel and E. Bennett. (eds.). Genetic resources in plants. Blackwell Sci. Pub., Oxford.

Hartmann, H. T. and D. E. Kester. 1983. Plant propagation: principles and practices. (4th ed.). Prentice/Hall International, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey. 727 p.

Hawkes, J. G. 1975. Vegetatively propagated crops, pp. 117-121. In: O. H. Frankel and J. G. Hawkes. (eds.). Crop genetic resources for today and tomorrow. Cambridge Univ. Pr., Cambridge.

Hawkes, J. G. 1983. The diversity of crop plants. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts. 184 p.

Hayes, H. K., F. R. Immer, and D. C. Smith. 1955. Methods of plant breeding. McGraw, N. Y. 551 p.

Henshaw, G. G., H. F. O'hara, and R. J. Westcott. 1980. Tissue culture methods for the storage and utilization of potato germplasm, pp. 71-76. In: D. S. Ingram and J. P. Helgeson. (eds.). Tissue culture methods for plant pathologists. Blackwell Sci. Pub., Oxford.

Hewitt, W. B. and L. Chiarappa. 1977. Plant health and quarantine in international transfers of genetic resources. CRC Press, Inc., Cleaveland, Ohio. 346 p.

Hiscock, S. J., L. Kues, and U. Stahl. 1995. Recombination: Sexual reproduction in plants: Self-incompatibility as a mechanism promoting outbreeding and gene flow. Progress in Botany 56: 275-300.

Hogenboom, N. G. 1972. Breaking breeding barriers in *Lycopersicon* 2. Breakdown of self-incompatibility in *L. peruvianum* (L.) Mill. Euphytica 21: 228-243.

Holden, J., J. Peacock, and T. Williams. 1993. Genes, crops and the environment. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 162 p.

Huaman, Z., R Ortiz, D. P. Zhang, and F. Rodriguez. 2000. Isozyme analysis of entire and core collections of *Solanum tuberosum* subsp. *andigena* potato cultivars. Crop Science 40(1): 273-276.

Hutchinson, J. (ed.). 1974. Evolutoinary studies in world crops. Cambridge University Press, Cambridge, England.

Hyland, H. L. 1975. Recent plant exploration in the U. S. A., pp. 139-146. In: O. H. Frankel and J. G. Hawkes. (eds.). Crop genetic resources for today and tomorrow. Cambridge Univ. Pr., Cambridge.

Innes, N. L. 1992. Gene banks and their contribution to the breeding of disease resistant cultivars. Euphytica 63: 23-31.

Janick, J. and J. Moore. (eds.). 1975. Advances in fruit breeding. Purdue Univ. Pr., West Lafayette, Indiana. 623 p.

Jarret, R. L. 1989. A repository for sweet potato germplasm. HortScieuce 24(6): 886 p.

Johnson, A. G. 1971. Factors affecting the degree of self-incompatibility in inbred lines of brussels sprouts. Euphytica 20: 561-573.

Johri, B. M. and I. K. Vasil. 1961. Physiology of pollen. Bot. Rev. 27: 325-381.

Justice, O. L. and L. N. Bass. 1979. Principles and practices of seed storage. Castle House Pub. Ltd., London. 289 p.

Kallo. 1988. Vegetable breeding. Vol. I. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida. 239 p.

Kalloo. 1988. Vegetable breeding. Vol. III. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida. 174 p.

Kempken, F. and D. Pring. 1999. Plant breeding; Male sterility in higher plants – fundamentals and applications. Progress in Botany 60: 139-166.

Khan, R. P. 1970. International plant quarantine, pp. 403-411. In: O. H. Frankel and E. Bennett. (eds.). Genetic resources in plants: their exploration and conservation. Blackwell Sci. Pub., Oxford.

Khan, I. A., L. F. Lippert, M. O. Hall, and G. E. Jones. 1988. A simple procedure and the genetic potential of stem culttings in muskmelons. Cucurbit Genetics Cooperative 11: 43-46.

Knott, D. R. and J. Dovrak. 1976. Alien germplasm as a source of resistance to disease. Ann. Rev. Phytopath. 14: 211-235.

Kruell, C. F. and N. E. Borlaug. 1970. The utilization of collections in plant

breeding and production, pp. 427-439. In: O. H. Frankel and E. Bennett. (eds.). Genetic resources in pants. Blackwell Sci. Pub., Oxford.

Kyle, M. M. and A. Palloix. 1997. Proposed revision of nomenclature for potyvirus resistance genes in *Capsicum*. Euphytica 97: 183-188.

Labuschagné, I. F., J. H. Louw, K. Schmidt, and A. Sadie. 2003. Budbreak number in apple seedlings as selection criterion for improved adaptability to mild winter climates. HortScience 38(6): 1186-1190.

Laidig, G. L., E. G. Knox, and R. A. Buchanan. 1984. Underexploited crops, pp. 38-64. In: P. V. Ammirato, D. A. Evans, W. R. Sharp, and Y. Yamada. (eds.). Handbook of plant cell culture. vol. 3. Crop species. Macmillan Publishing Co., N. Y.

Lardizabal, R. D. and P. G. Thompson. 1990. Growth regulators combined with grafting increase flower number and seed production in sweet potato. HortScience 25(1): 79-81.

Lawrence, M. J., D. F. Marshall, and P. Davies. 1995a. Genetics of genetic conservation. I. Sample size when collecting germplasm. Euphytica 84: 89-99.

Lawrence, M. J., D. F. Marshall, and P. Davies. 1995b. Genetics of genetic conservation. II. Sample size when collecting seed of cross-pollinating species and the information that can be obtained from the evaluation of material held in gene banks. Euphytica 84: 101-107.

Layne, R. E. C. 1983. Hybridization, pp. 48-65. In: J. N. Moore and J. Janick. (eds.). Methods in fruit breeding. Purdue Univ. Pr., West Lafayette, Indiana.

Ledoux, L. (ed.). 1975. Genetic manipulations with plant material. Plenum Pr., N. Y. 601 p.

Lenné, J. M. and D. Wood. 1991. Plant diseases and the use of wild germplasm. Ann. Rev. Phytopath. 29: 35-63.

Leon, J. (ed.). 1974. Handbook of plant introduction in tropical crops. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 140 p.

Leopold, A. C. and P. E. Kriedmann. 1975. Plant growth and development. (2nd ed.). McGraw-Hill Book Co., N. Y. 545 p.

Leppik, E. E. 1970. Gene centers of plants as sources of disease resistance. Ann. Rev. Phytopath. 8: 323-344.

Liedl, B. E., and N. O. Anderson. 1993. Reproductive barriers: Identification, uses, and circumvention. Plant Breed. Rev. 11: 11-154.

Linskens, H. F. (ed.). 1964. Pollen physiology and fertilization. North-Holland Pub. Co., Amsterdam 257 p.

Little, T. M. and F. J. Hills. 1978. Agricultural experimentation. John Wiley & Son, N. Y. 350 p.

Magness, J. R. 1937. Progress in apple improvement, pp. 575-614. In: Yearbook of agriculture: Better plants and animals II. U. S. Dept. Agric., Washington, D. C.

Martin, F. W. 1959. Staining and observing pollen tubes in the style by means of fluorescence. Stain Technol. 34: 125-127.

Mather, K. and J. L. Jinks. 1977. Introduction to biometrical genetics. Chapman and Hall, London. 231 p.

Mayo, O. 1980. The theory of plant breeding. Clarendon Press, Oxford. 293 p.

McArdle, R. N. and J. C. Bouwkamp. 1980. The use of gelatin capsules in controlled pollinations. Euphytica 29: 819-820.

McGee, R. J. and J. R. Baggett. 1992. Unequal growth rate of pollen tubes from normal and stringless pea genotypes. HortScience 27(7): 833-834.

Meagher, T. R. 1999. The quantitative genetics of sexual dimorphism, pp. 275-294. In: M. A. Gerber, T. E. Dawson, and L. F. Delph. (eds.). Gender and sexual dimorphism in flowering plants. Springer-Verlag, Berlin.

Meissner, R., Y. Jacobson, S. Melamed, S. Levyatuv, G. Shalev, A. Ashri, Y. Elkind, and A. Levy 1997. A new model system for tomato genetics. Plant Journal 12(6): 1465-1472.

Melo, P. E. de and L. de B. Giordano. 1994. Effect of Ogura male-sterile cytoplasm on the performance of cabbage hybrid variety. II. Commercial characteristics. Euphytica 78: 149-154.

Merrell, D. J. 1975. An introduction to genetics. W. W. Norton & Co., Inc., N. Y. 822 p.

Monteiro, A. A., W. H. Gabelman, and P. H. Williams. 1988. Use of sodium chloride solution to overcome self-incompatibility in *Brassica campestris*. HortScience 23: 876-877.

Moore, J. N. and J. Janic (eds.). 1983. Methods in fruit breeding. Purdue University Pr., West Lafayette, Indiana. 464 p.

Morel, G. 1975. Meristem culture techniques for the long term storage of cultivated plants, pp. 327-332. In: O. H. Frankel and J. G. Hawkes. (eds.). Crop genetic resources for today and tomorrow. Cambridge University Press, Cambridge.

Moseman, A. H. 1966. International needs in plant breeding research, pp. 409-420. In: K. J. Frey. (ed.). Plant breeding. Iowa State University Press, Ames, Iowa.

Myers, J. R. and F. Gritton. 1988. Genetic male sterility in the pea (*Pisum sativum* L.). I. Inheritance, allelism and linkage. Euphytica 38: 165-174.

Nassar, N. M. A., M. A. Vieira, C. Vieira, and D. Grattapaglia. 1998. A molecular and embryonic study of apomixis in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Euphytica 102: 9-13.

Ng, T. J. 1988. Fabric plant covers as an aid in muskmelon breeding. HortScience 23: 913.

Ng, N. Q. and I. O. Daniel. 2000. Storage of pollens for long-term conservation of yam genetic resources. International Agriculture Series No. 8: 136-139.

Nickell, L. G. 1982. Plant growth regulators: agricultural uses. Springer Verlag, N. Y. 173 p.

Nirmala, C. and M. L. H. Kaul. 1995. Tapetal behaviour, gene action and breeding value in male-sterile peas. Plant Breeding 114(1): 70-73.

Norton, J. D. 1966. Testing of plum pollen viability with tetrazolium salts. Proc Amer. Soc. Hort. Sci. 89: 132-134.

Nygren, A. 1954. Apomixis in angiosperms. II. Bot. Rev. 20: 577-649.

Ochoa, C. 1975. Potato collecting expeditions in Chile, Bolivia and Peru, and the genetic erosion of indigenous cultivars, pp. 167-173. In: O. H. Frankel and J. G. Hawkes. (eds.). Crop genetic resources for today and tomorrow. Cambridge Univ. Pr., Cambridge.

Ockendon, D. J. 2000. The S-allele collection of *Brassica oleracea*. Acta Hort. No. 539: 25-30.

Pearson, O. H. 1981. Nature and mechanisms of cytoplasmic male sterility in plants: a review. HortScience 16: 482-487.

Pelletier, G., M. Férault, D. Lancelin, L. Boulidard, C. Doré, S. Bonhomme, M. Grelon, and F. Budar. 1995. Engineering of cytoplasmic male sterility in vegetables by protoplast fusion. Acta Hort. No. 392: 11-17.

Perdue, R. E., Jr. and G. M. Christenson. 1989. Plant exploration. Plant Breed. Rev. 7: 67-94.

Peterson, C. E. 1975. Plant introductions in the improvement of vegetable cultivars. HortScience 10: 575-579.

Peterson, R. H. and H. G. Taber. 1987. Technique for vital staining of tomato pollen with fluoroscein diacetate. HortScience 22: 953.

Pike, L. M. 1986. Onion breeding, pp. 357-394. In: M. J. Bassett. (ed.). Breeding vegetable crops. Avi Pub. Co., Inc., Westport, Connecticut.

Poehlman, J. M. and D. A. Sleper. 1995. Breeding field crops. (4th ed.). Iowa State Univ. Pr., Ames. 494 p.

Powers, L. and C. C. Lyon. 1941. Inheritance studies on duration of developmental stages in crosses within the genus *Lycopersicon*. J. Agric. Res. 63: 129-148.

Praciak, A. M. and S. L. A. Hobbs. 1995. Information resources for plant breeding and genetic resources. Plant Breed. Abstr. 65(2): 147-150.

Prescott-Allen, R. and C. Prescott-Allen. 1988. Genes from the wild. Earthscan Publications Ltd, London. 107 p.

Reed, B. M. and K. E. Hummer. 1995. Conservation of germplasm of strawberry (*Fragaria* species). In: Y. P. S. Bajaj. (ed.). Biotechnology in Agriculture and Forestry, Vol. 32: 354-370. Springer-Verlag, Berlin.

Reed, B. M. and H. B. Lagerstedt. 1987. Freeze preservation of apical meristems of *Rubus* in liquid nitrogen. HortScience 22: 302-303.

Rerkasem, B. and S. Jamjod. 1997. Boron deficiency induced male sterility in wheat (*Triticum aestivum* L.) and implications for plant breeding. Euphytica 96: 257-262.

Rhodes, D., G. C. Ju, W. J. Yang, and Y. Samaras. 1992. Plant metabolism and heterosis. Plant Breeding Reviews 10: 53-91.

Richards, A. J. 1986. Plant breeding systems. George Allen & Unwin, London. 529 p.

Rick, C. M. 1970. Genetics and breeding cooperatives for horticultural crops. HortScience 5: 142-144.

Rick, C. M. 1984. Plant germplasm resources, pp. 9-37. In: P. V. Ammirato, D. A. Evans, W. R. Sharp, and Y. Yamada. (eds.). Handbook of plant cell culture. vol. 3. Crop species. Macmillan Publishing Co., N. Y.

Riggs, T. J. 1988. Breeding F_1 hybrid varieties. J. Hort. Sci. 63: 369-382.

Roberts, E. H. 1975. Problems of long-term storage of seed and pollen for genetic resources conservation, pp. 269-295. In: O. H. Franke and J. G. Hawkes. (eds.). Crop genetic resources for today and tomorrow. Cambridge Univ. Pr., Cambridge.

Roberts, I. N., A. D. Stead , D. J. Ockendon, and H. G. Dickinson. 1979. A glycoprotein associated with the acquisition of the self-incompatibility system by maturing stigmas of *Brassica oleracea*. Planta 146(2): 179-183.

Robinson, R. W., H. M. Munger, T. W. Whitaker, and G. W. Bohn. 1976. Genes of the Cucurbitaceae. HortScience 11: 554-568.

Roggen, H. P. J. R. and A. J. van Dijk. 1972. Breaking incompatibility of *Brassica oleracea* L. by steel-brush pollination. Euphytica 21: 424-425.

Roggen, H. P. J. R. and A. J. van Dijk. 1973. Electric aided and bud pollination: which method to use for self-seed production in cole crops (*Brassica oleracea* L.). Euphytica 22: 260-263.

Roggen, H. P. J. R., A. J. van Dijk, and C. Dorsman. 1972. 'Electric aided' pollination: a method of breaking incompatibility in *Brassica oleracea* L. Euphytica 21: 181-184.

Roos, E. E. 1988. Genetic changes in a collection over time. HortScience 23: 86-90.

Roos, E. E. 1989. Long-term seed storage. Plant Breed. Rev. 7: 129-158.

Rost, T. L., M. G. Barbour, R. M. Thornton, T. E. Weier, and C. R. Stocking. 1984. Botany. John Wiley & Sons, N. Y. 242 p.

Rui, Y., Y. J. Yu, J. B. Xu, G. Chen, and F. L. Zhang. 1995. Studies on techniques of spraying NaCl solution on flowers combined with honeybee pollination to overcome self-incompatibility of Chinese cabbage. (in Chinese with English summary). Acta Agriculturae Boreali-Sinica 10(2): 77-81. c. a. Plant Breed. Abstr. 66(10): 10587; 1996.

Ruiter, R. K., T. Mettenmeyer, D. van Laarhoven, G. J. van Eldik, J. Doughty, M. M. A. van Herpen, J. A. M. Schrauwen, H. G. Dickinson, and G. J. Wullems. 1997. Proteins of the pollen coat of *Brassica oleracea*. J. Plant Phys. 150(1/2): 85-91.

Russell, G. E. (ed.). 1985. Progress in plant breeding-1. Butterworth & Co., Ltd., London, 325 p.

Ryder, E. J. 1979. Leafy salad vegetables. The Avi Pub. Co., Inc., Westport, Conn. 266 p.

Ryder, E. J. 1984. The art and science of plant breeding in the modern world of research management. HortScience 19: 808-811.

Ryder, E. J. 2003. Prespectives on germplasm. HortScience 38(5): 922-927.

Sacks, E. J. and D. A. St. Clair. 1996. Cryogenic storage of tomato pollen: Effect on fecundity. HortScience 31(3): 447-448.

Sakai, A. and M. Noshiro. 1975. Some factors contributing to the survival of crop seeds cooled to the temperature of liquid nitrigen, pp. 317-326. In: O. H. Frankel and J. G. Hawkes. (eds.). Crop genetic resources for today and tomorrow. Cambridge Univ. Pr., Cambridge.

Salih, S., H. Waterworth, and D. A. Thompson. 2001. Role of plant tissue cultures in international exchange and quarantine of germplasm in the United States and Canada. HortScience 36(6): 1015-1021.

Salisbury, F. B. 1982. Photoperiodism. Hort. Rev. 4: 66-105.

Scarascia-Mugnozza, G. T. and P. Perrino. 2002. The history of *ex situ* conservation and use of plant genetic resources, pp. 1-22. In: J. M. M. Engeles, V. R. Rao, A. H. D. Brown, and M. T. Jackson. (eds.).

Managing plant genetic diversity. CABI Publishing, CAB International, Wallingford, UK.

Scutt, C. P., A. P. Fordham-Skelton, and R. R. D. Croy. 1993. Okadaic acid causes breakdown of self-incompatibility in *Brassica oleracea*: evidence for the involvement of protein phosphatases in the incompatible response. Sexual Plant Reproduction 6(4): 282-285.

Sheppard, R. A. 1973. Practical genetics. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 337 p.

Shull, A. F. 1951. Evolution (2nd ed.). McGraw-Hill Book Co., Inc., N. Y. 322 p.

Simmonds, N. W. 1979. Principles of crop improvement. Longman, London. 408 p.

Simmonds, N. W. and J. Smartt. 1999. Principles of crop improvement. Blackwell Science Ltd, London, UK. 412 p.

Singh, B. D. 1993. Plant breeding. (6th ed.). Kaylani Pub., Ludhiana, India. 896 p.

Sinha, S. K. and R. Khanna. 1975. Physiological, biochemical and genetic basis of heterosis. Adv. Agron. 27: 123-174.

Skardla, W. H. 1972. New crops food for the future ? HortScience 7: 156-159.

Skardla, W. H. 1975. The U. S. plant introduction system. HortScience 10: 570-574.

Skorupska, H. T. and N. G. Allgood. 1990. Staining procedure for watermelon somatic chromosomes. Cucurbit Genetics Cooperative 13: 47-48.

Smith, D. C. 1966. Plant breeding – development and success, pp. 3-54. In: K. J. Frey. (ed.). Plant breeding. Iowa State University Press, Ames, Iowa.

Smith, B. M. and T. C. Growther. 1995. Inbreeding depression and single cross hybrids in leeks (*Allium ampeloprasum* ssp. *porrum*). Euphytica 86: 87-94.

Snedecor, G. W. and W. G. Cochran. 1967. Statistical methods. (6th ed.). Oxford & IBH Pub. Co., New Delhi. 593 p.

Sneep, J. and A. J. T. Hendrikson (eds.). and O. Holbek (coed.). 1979. Plant breeding prespectives. Centre for Agric. Pub. Doc., Wageningen. 435 p.

Snyder, E. 1937. Grape development and improvement, pp. 631-664. In: Yearbook of agriculture: Better plants and animals II. U.S. Dept. Agric., Washington, D. C.

Sowa, S., E. E. Roos, and F. Zee. 1991. Anesthetic storage of recalcitrant seed: Nitrous oxide prolongs longevity of lychee and longan. HortScience 26(5): 597-599.

Sperling, L., J. A. Ashby, M. E. Smith, E. Weltzien, and S. McGuire. 2001. A framework for analyzing participatory plant breeding approaches and results. Euphytica 122: 439-450.

Spiegel-Roy, P., Y. Shulman, I. Baron, and E. Ashbel. 1987. Effect of cyanamide in overcoming grape seed dormancy. HortScience 22: 208-210.

Stakman, E. C., R. Bradfield, and P. C. Mangelsdorf. 1967. Campaigns against hunger. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Mass. 328 p.

Stalker, H. T. and J. P. Murphy. (eds.). 1992. Plant breeding in the 1990s. CAB International, Wallingford, UK. 539 p.

Stanwood, P. C. and E. E. Roos. 1979. Seed storage of several horticultural species in liquid nitrogen (-196C). HortScience 14: 624-630.

Swamy, B. G. L. and K. V. Krishnamurthy. 1980. From flower to fruit. Tata McGraw-Hill Pub. Co., New Delhi. 162 p.

Sykes, J. T. 1975. Tree crops, pp. 123-137. In: O. H. Frankel and J. G. Hawkes. (eds). Crop genetic resources for today and tomorrow. Cambridge Univ. Pr., Cambridge.

Taller, J., N. Yagishita, and Y. Hirata. 1999. Graft-induced variants as a source of novel characteristics in the breeding of pepper (*Capsicum annuum* L.). Euphytica 108: 73-78.

Tao, K. L. 1992. Should vacuum packing be used for seed storage in genebanks?. Plant Genetic Resources Newsletter No. 88-89: 27-30.

The Rockefeller Foundation. 1966. Progress Report: Toward the conquest of hunger 1965-1966, N. Y. 231 p.

Thompson, A. E. 1972. Introduction and establishment of improved crop cultivars in developing countries. HortScience 7: 162-164.

Toenniessen, G. H 1984. Review of the world food situation and the role of salt-tolerant plants, pp. 399-413. In: R. C. Staples and G. H. Toenniessen. (eds.). Salinity tolerance in plants: Strategies for crop improvement. Wiley-Interscience, N. Y.

Towill, L. E. 1988. Genetic considerations for germplasm preservation of clonal materials. HortScience 23: 91-95.

Towill, L. E. 1989. Biotechnology and germplasm preservation. Plant Breed. Rev. 7: 159-182.

Traub, H. P. and T. R. Robinson. 1937. Improvement of subtropical fruit crops: citrus, pp. 749-826. In: Yearbook of agriculture: Better plants and animals II. U.S. Dept. Agric., Washington, D. C.

USDA, United States Department of Agriculture. 1937. Yearbook of agriculture: better plants and animals II. 1497 p.

Van der Meer, Q. P. and J. L. van Bennekom. 1973. Gibberellic acid as a gametocide for the common onion (*Allium cepa* L.) Euphytica 22: 239-243.

Vasil, I. K. 1964. Effect of boron on pollen germination and pollen tube growth, pp. 107-119. In: H. F. Linskens. (ed.). Pollen physiology and fertilization. North Holland Pub. Co., Amsterdam.

Vavilov, N. I. 1951. The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants. Translated by K. S. Chester. The Ronald Press, Co., N. Y. 364 p.

Veilleux, R. E. 1999. Anther culture of potato and molecular analysis of anther-derived plants as laboratory exercises for plant breeding courses. HortTechnology 9(4): 585-588.

Villiers, T. A. 1975. Genetic maintenance of seeds in imbibed storage, pp. 297-315. In: O. H. Frankell and J. G. Hawkes. (eds.). Crop genetic resources for today and tomorrow. Cambridge Univ. Pr., Cambridge.

Vince-Prue, D. 1975. Photoperiodism in plants. McGraw-Hill Book Co., London. 444 p.

Virchow, D. 1999. Conservation of genetic resources. Springer-Verlag, Berlin. 243 p.

Virmani, S. S. and M. Ilyas-Ahmed. 2001. Environment-sensitive genic male sterility (EGMS) in crops. Adv. Agron. 72: 139-195.

Visser, T. and J. J. Verhaegh. 1978. Inheritance and selection of some fruit characters of apple. II. The relation between leaf and fruit pH as a basis for pre-selection. Euphytica 27: 761-765.

Vose, P. B. and S. G. Blixt. (ed.). 1984. Crop breeding: a contemporary basis. Pergamon Pr., N. Y. 433 p.

Wallace, D. H. and M. E. Nasrallah. 1968. Pollination and serological procedures for isolating incompatibility genotypes in the crucifers. Cornell University, Agric. Exp. Sta., N. Y. State College of Agriculture, Ithaca. Memoir 406. 23 p.

Wallace, B. and A. M. Srb. 1964. Adaptation. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J. 115 p.

Wang, X. J., Y. Pei, G. W. Yang, and D. D. Liu. 1991. Analysis of proteins and free amino acids in stigma and pollen of self-incompertible and compatible lines of cabbage. (In Chinese with English summary). Acta Hort. Sinica 18(1): 91-93.

Warner, J. N. 1952. A method of estimating heritability. Agron. J. 44: 427-430.

Watts, L. 1980. Flower and vegetable plant breeding. Grower Books, London. 182 p.

Way, R. D. 1971. Hastening the fruiting of apple seedlings. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 96: 384-389.

Weier, T. E., C. R. Stocking, and M. G. Barbour. 1974. Botany: an introduction to plant biology. (5th ed.). John Wiley & Sons, N. Y. 693 p.

Welsh, J. R. 1981. Fundamentals of plant genetics and breeding. John Wiley & Sons, N. Y. 290 p.

Wen, I. C., K. E. Koch, and W. B. Sherman. 1995. Comparing fruit and tree charactertics of two peaches and their nectarine mutants. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120(1): 101-106.

Westergaard, M. 1958. The mechanism of sex determination in dioecious flowering plants. Adv. Genet. 9: 217-281.

White, G. A., H. L. Shands, and G. R. Lovell. 1989. History and operation of the national plant germplasm system. Plant Breed. Rev. 7: 5-56.

Whitehouse, H. L. K. 1973. Towards an understanding of the mechanism of heredity. Edward Arnold Pub., Ltd. 528 p.

Wilkins, E. and L. H. Beyer. 1988. Use of sodium chloride to overcome self-incompatibility in an inbred broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) line. (Abstr.). HortScience 23: 783 p.

Williams, W. 1964. Genetical principles and plant breeding. Blackwell Scientific Pub., Oxford. 504 p.

Wilsie, C. P. 1962. Crop adaptation and distribution. W. H. Freeman and Co., San Francisco. 448 p.

Wise, R. P., C. R. Bronson, P. S. Schnable, and H. T. Horner. 1999. The genetics, pathology, and molecular biology of T-cytoplasm male sterility in maize. Adv. Agron. 65: 79-130.

Witcombe, J. R. and D. S. Virk. 2001. Number of crosses and population size for participatory and classical plant breeding. Euphytica 122: 451-462.

Withers. L. A. 1980. Crypreservation of plant cell and tissue cultures. In: D. S. Ingram and J. P. Helgeson. (eds.). Tissue culture methods for plant pathologists. Blackwell Sci. Pub., Oxford.

Withers, L. A. 1985. Cryptopreservation and storage of germplasm, pp. 169-191. In: R. A. Dixon. (ed.). Plant cell culture: a practical approach. IRL Pr., Oxford.

Wright, J., A. Reilley, J. Labriola, S. Kut, and T. Orton. 1996. Petaloid male-sterile plants from carrot cell cultures. HortScience 31(3): 421-425.

Yan, W. and D. H. Wallace. 1995. A physiological-genetic model of photoperiod-temperature interactions in photoperiodism, vernalization, and male sterility of plants. Hort. Rev. 17: 73-123.

Zeven, A. C. and A. M. van Harten. (eds.). 1979. Broadening the genetic base of crops. Centre for Agr. Pub. & Doc., Wageningen. 347 p.

Zeven, A. C. and P. M. Zhukovsky. 1975. Dictionary of cultivated plants and their centres of diversity. Centre for Agr. Pub. & Doc., Wageningen. 219 p.

Ziauddin, A., M. S. Peng, and D. J. Wolyn. 1997. Improved nuclear staining of asparagus microspores for cytological analysis. HortScience 32(4): 735-736.

Zink, F. W. 1973. Inheritance of resistance to downy mildew (*Bremia lactucae* Reg.) in lettuce. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 98: 293-296.